

Aus dem Fachbereich Medizin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

Zentrum der Dermatologie und Venerologie

Leiter: Prof. Dr. R. Kaufmann

Der blitzlampen-gepumpte gepulste Farbstofflaser und der gütegeschaltete  
Neodym:YAG-Laser in der dermatologischen Praxis: Indikationen,  
Behandlungsergebnisse und unerwünschte Wirkungen.

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin des Fachbereichs Medizin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

vorgelegt von Harald Michael Kreis  
aus Hanau am Main

Frankfurt am Main, 2003

# INHALTSVERZEICHNIS

|   |            |
|---|------------|
| <b>I. EINLEITUNG</b>  | Seite<br>1 |
| <b>II. MATERIAL UND METHODEN</b>  | 2          |
| II.1 Patienten  | 2          |
| II.2 Durchführung   | 3          |
| II.3 Laser-Systeme  | 3          |
| II.3.1 Blitzlampen-gepumpter gepulster Farbstofflaser (FPDL)                                    | 3          |
| II.3.2 Gütegeschalteter („Quality-Switched“) Neodym:YAG-Laser (q-sw Nd:YAG)                     | 4          |
| II.4 Auswertung   | 4          |
| II.4.1 Blitzlampen-gepumpter gepulster Farbstofflaser   | 4          |
| II.4.2 Gütegeschalteter Neodym:YAG-Laser  | 5          |
| II.4.3 Behandlungskriterien   | 5          |
| <b>III. ERGEBNISSE</b>  | 7          |
| III.1 Allgemein   | 7          |
| III.1.1 Fotodokumentation   | 7          |
| III.2 Blitzlampen-gepumpter gepulster Farbstofflaser  | 7          |
| III.2.1 Patienten   | 7          |
| III.2.2 Diagnosen   | 8          |
| III.2.3 Behandlungsstatus und Ergebnisse  | 9          |
| III.2.4 Dosis   | 10         |
| III.2.5 Anzahl der Behandlungen   | 11         |
| III.2.6 Behandlungsintervalle   | 13         |
| III.2.7 Nebenwirkungen  | 13         |
| III.2.8 Nävus flammeus  | 14         |
| III.2.8.1 Ergebnisse und Lokalisationen   | 14         |
| III.2.8.2 Dosis   | 17         |
| III.2.8.3 Anzahl der Behandlungen   | 17         |
| III.2.8.4 Behandlungsintervalle   | 18         |
| III.2.9 Hämangiome  | 19         |
| III.2.9.1 Ergebnisse und Lokalisationen   | 19         |
| III.2.9.2 Dosis   | 21         |
| III.2.9.3 Anzahl der Behandlungen   | 22         |
| III.2.9.4 Behandlungsintervalle   | 22         |
| III.3 Gütegeschalteter Neodym:YAG-Laser   | 23         |
| III.3.1 Patienten   | 23         |
| III.3.2 Diagnosen   | 23         |
| III.3.3 Behandlungsstatus und Ergebnisse  | 24         |
| III.3.4 Dosis   | 26         |
| III.3.5 Anzahl der Behandlungen   | 27         |
| III.3.6 Behandlungsintervalle   | 29         |
| III.3.7 Nebenwirkungen  | 29         |
| III.3.8 Tätowierungen   | 31         |
| III.3.8.1 Klassifizierung   | 31         |
| III.3.8.2 Behandlungsstatus und Ergebnisse  | 31         |
| III.3.8.3 Lokalisation  | 31         |
| III.3.8.4 Dosis   | 34         |
| III.3.8.5 Anzahl der Behandlungen   | 35         |
| III.3.8.6 Behandlungsintervalle   | 36         |
| <b>IV. DISKUSSION</b>   | 37         |
| IV.1 Allgemein  | 37         |
| IV.1.1 Physikalische Grundlagen   | 37         |
| IV.1.2 Interaktion von Laserlicht und Haut  | 38         |
| IV.1.3 Prinzip der selektiven Photothermolyse   | 38         |
| IV.1.4 Wirkprinzip des blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflasers (FPDL)                   | 39         |
| IV.1.5 Wirkprinzip des gütegeschalteten („Quality-Switched“) Neodym:YAG-Lasers<br>(q-sw Nd:YAG) | 40         |

|   |    |
|---|----|
| IV.1.6 Durchführung der Behandlung                                | 41 |
| IV.1.7 Beurteilungskriterien                                      | 42 |
| IV.2 Blitzlampen-gepumpter gepulster Farbstofflaser               | 43 |
| IV.2.1 Indikationen und Ansprechraten (Ergebnisse)                | 43 |
| IV.2.1.A Indikationen allgemein                                   | 43 |
| IV.2.1.A.1 Literatur  | 43 |
| IV.2.1.A.2 Eigene Daten   | 44 |
| IV.2.1.B Indikationen speziell                                    | 44 |
| IV.2.1.B.1 Angiektasien   | 44 |
| IV.2.1.B.1.1 Nävus flammeus                                       | 45 |
| IV.2.1.B.1.1.1 Definition   | 45 |
| IV.2.1.B.1.1.2 Einführung, Behandlungsindikation                  | 45 |
| IV.2.1.B.1.1.3 Ergebnisse   | 47 |
| IV.2.1.B.1.1.4 Lokalisation                                       | 47 |
| IV.2.1.B.1.1.5 Dosis  | 48 |
| IV.2.1.B.1.1.6 Anzahl der Behandlungen                            | 48 |
| IV.2.1.B.1.1.7 Behandlungsintervalle                              | 49 |
| IV.2.1.B.2 Gefäßvermehrungen                                      | 49 |
| IV.2.1.B.2.1 Hämangiome   | 49 |
| IV.2.1.B.2.1.1 Definition   | 49 |
| IV.2.1.B.2.1.2 Einführung, Behandlungsindikation                  | 50 |
| IV.2.1.B.2.1.3 Ergebnisse   | 50 |
| IV.2.1.B.2.1.4 Lokalisation                                       | 51 |
| IV.2.1.B.2.1.5 Dosis  | 51 |
| IV.2.1.B.2.1.6 Anzahl der Behandlungen                            | 51 |
| IV.2.1.B.2.1.7 Behandlungsintervalle                              | 51 |
| IV.2.1.B.2.2 Andere Gefäßvermehrungen                             | 52 |
| IV.2.1.B.3 Erkrankungen   | 52 |
| IV.2.1.B.4 Narben   | 52 |
| IV.2.1.B.5 Virusakanthome   | 53 |
| IV.2.1.B.6 Sonstige   | 53 |
| IV.2.2 Dosis  | 54 |
| IV.2.3 Anzahl der Behandlungen                                    | 56 |
| IV.2.4 Behandlungsintervalle                                      | 56 |
| IV.2.5 Nebenwirkungen   | 56 |
| IV.2.5.1 Einführung   | 56 |
| IV.2.5.2 Krustenbildung   | 57 |
| IV.2.5.3 Hyperpigmentierung                                       | 57 |
| IV.2.5.4 Hypopigmentierung  | 57 |
| IV.2.5.5 Narbenbildung  | 57 |
| IV.2.5.6 Andere   | 58 |
| IV.2.6 Wellenlänge und Pulsdauer                                  | 58 |
| IV.2.6.1 Wellenlänge: Vergleich 585 nm und 588 nm                 | 58 |
| IV.2.6.2 Pulsdauer: Vergleich 200 bzw. 300 µs und 450 µs          | 59 |
| IV.2.6.2.1 Theoretische Überlegungen                              | 59 |
| IV.2.6.2.2 Zeitliche Entwicklung                                  | 59 |
| IV.2.6.2.3 Klinischer Einsatz                                     | 60 |
| IV.2.6.2.4 Eigene Erfahrungen                                     | 60 |
| IV.2.6.2.5 Fazit  | 61 |
| IV.3 Gütegeschalteter Neodym:YAG-Laser                            | 61 |
| IV.3.1 Indikationen und Ansprechraten (Ergebnisse)                | 61 |
| IV.3.1.A Indikationen allgemein                                   | 61 |
| IV.3.1.A.1 Literatur  | 61 |
| IV.3.1.A.2 Eigene Daten   | 62 |
| IV.3.1.B Indikationen speziell                                    | 62 |
| IV.3.1.B.1 Exogen   | 62 |
| IV.3.1.B.1.1 Tätowierungen  | 62 |
| IV.3.1.B.1.1.1 Definitionen                                       | 62 |
| IV.3.1.B.1.1.1.1 Schmucktätowierung (Laien- und Profitätowierung) | 62 |
| IV.3.1.B.1.1.1.2 Schmutztätowierung                               | 63 |
| IV.3.1.B.1.1.2 Behandlungsindikation                              | 63 |
| IV.3.1.B.1.1.3 Ergebnisse   | 63 |

|   |           |
|---|-----------|
| IV.3.1.B.1.1.4 Lokalisation                   | 64        |
| IV.3.1.B.1.1.5 Dosis                          | 65        |
| IV.3.1.B.1.1.5.1 Tätowierungsfarben           | 65        |
| IV.3.1.B.1.1.6 Anzahl der Behandlungen        | 65        |
| IV.3.1.B.1.1.7 Behandlungsintervalle          | 66        |
| IV.3.1.B.1.2 Postoperative pigmentierte Narbe | 66        |
| IV.3.1.B.2 Endogen                            | 67        |
| IV.3.1.B.2.1 Café-au-lait-Fleck               | 67        |
| IV.3.1.B.2.2 Lentigo benigna                  | 67        |
| IV.3.1.B.2.3 Nävus spilus                     | 67        |
| IV.3.1.B.2.4 Becker-Nävus                     | 68        |
| IV.3.1.B.2.5 Chloasma/Melasma                 | 68        |
| IV.3.1.B.2.6 Nävus Ota                        | 68        |
| IV.3.1.B.3 Andere                             | 69        |
| IV.3.1.B.3.1 Hyperpigmentierung               | 69        |
| IV.3.1.B.3.2 Hypertrichose                    | 69        |
| IV.3.2 Dosis                                  | 70        |
| IV.3.3 Anzahl der Behandlungen                | 70        |
| IV.3.4 Behandlungsintervalle                  | 70        |
| IV.3.5 Nebenwirkungen                         | 70        |
| IV.3.5.1 Einführung                           | 70        |
| IV.3.5.2 Urticaria factitia                   | 70        |
| IV.3.5.3 Blutungen                            | 71        |
| IV.3.5.4 Hyperpigmentierung                   | 71        |
| IV.3.5.5 Krustenbildung                       | 71        |
| IV.3.5.6 Blasenbildung                        | 72        |
| IV.3.5.7 Hypopigmentierung                    | 72        |
| IV.3.5.8 Narbenbildung                        | 72        |
| IV.3.5.9 Andere                               | 72        |
| IV.4 Wirtschaftliche Betrachtungen            | 73        |
| IV.4.1 Aufwendungen für den FPD               | 73        |
| IV.4.2 Aufwendungen für den q-sw Nd:YAG       | 74        |
| IV.4.3 Bewertung der wirtschaftlichen Aspekte | 74        |
| IV.5 Abschließende Betrachtungen              | 74        |
| <b>V. ZUSAMMENFASSUNG</b>                     | <b>76</b> |
| <b>VI. SUMMARY</b>                            | <b>78</b> |
| <b>VII. LITERATURVERZEICHNIS</b>              | <b>79</b> |
| <b>VIII. TABELLEN UND ABBILDUNGEN</b>         | <b>92</b> |

## **Abkürzungsverzeichnis**

|              |   |
|--------------|---|
| EMLA:        | <u>E</u> utectic <u>M</u> ixture of <u>L</u> ocal <u>A</u> nesthetics                                     |
| FPDL:        | Blitzlampen-gepumpter gepulster Farbstofflaser  |
| HIV:         | Human Immunodeficiency Virus  |
| HPV:         | Humane Papillom-Viren   |
| IPL:         | Intense pulsed light, hochenergetische Blitzlampen  |
| L.:          | Lentigo   |
| Laser:       | <u>L</u> ight <u>a</u> mplification by <u>s</u> timulated <u>e</u> mission of <u>r</u> adiation           |
| Maser:       | <u>M</u> icrowave <u>a</u> mplification by <u>s</u> timulated <u>e</u> mission of <u>r</u> adiation       |
| MSH:         | Melanozyten-stimulierendes Hormon   |
| N.:          | Nävus   |
| R.:          | Rosazea   |
| Q-sw Nd:YAG: | Gütegeschalteter Neodym:YAG-Laser   |
| TRT:         | Total relaxation time, thermische Relaxationszeit   |
| ZDV:         | <u>Z</u> entrum für <u>D</u> ermatologie und <u>V</u> enerologie der Universitätsklinik Frankfurt am Main |

## **I. Einleitung**

Laser werden in der Dermatologie seit mehreren Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt. Zunächst verwendete man Dauerstrichlaser, vor allem CO<sub>2</sub>- und Argonlaser. Limitiert wird deren Einsatz dadurch, dass die Laserenergie durch die Wärmeleitung auch auf benachbarte Hautstrukturen einwirkt (Alster et al. 1993). Daraus folgt ein hohes Risiko unerwünschter Wirkungen bis hin zu Narbenbildungen.

Neuere Lasersysteme arbeiten nach dem Prinzip der selektiven Photothermolyse, das von Anderson und Parrish in den 80er Jahren beschrieben wurde (Anderson & Parrish 1983). Über dieses Prinzip können Zielstrukturen wie Hämoglobin oder Melanin selektiv zerstört werden, wobei das umgebende Gewebe nur gering thermisch geschädigt wird. Dieser Effekt tritt ein, wenn das emittierte Laserlicht optimal von den entsprechenden Zielstrukturen absorbiert wird und die Einwirkzeit kürzer ist als die thermische Relaxationszeit. Dies bezeichnet die Zeit, welche die Zielstruktur benötigt, um die Hälfte ihrer Temperatur auf die Umgebung zu übertragen, ohne dass diese geschädigt wird bzw. anders ausgedrückt: die thermische Relaxationszeit ist die Zeit, welche die Zielstruktur braucht, um auf die Hälfte abzukühlen.

Gepulste und gütegeschaltete Lasersysteme erfüllen die Kriterien des Prinzips der selektiven Photothermolyse. Ihre Pulsdauern liegen im Mikrosekunden- bzw. Nanosekundenbereich. Die Lasersysteme in der vorliegenden Studie waren ein blitzlampen-gepumpter gepulster Farbstofflaser mit einer eingestellten Wellenlänge von 588 nm und ein gütegeschalteter Neodym:YAG-Laser (Wellenlänge 532 bzw. 1064 nm).

Im Bereich der Lasermedizin ist ein stark umworbener Markt entstanden. Jeder Anbieter versucht, seine Geräte entsprechend zu platzieren. Hinzu kommt, dass den Behandlern Patienten gegenüberstehen, für die der Laser ein nahezu unbegrenzt einsetzbares Medium darstellt, welches mit höchsten Erwartungen besetzt ist. Dies führt dazu, dass neue Lasersysteme unter Umständen ohne größere klinische Erfahrungen beworben werden. In anderen Fällen wurden initial Studien an einer begrenzten Anzahl Patienten mit einem umgrenzten Krankheitsspektrum unter standardisierten Bedingungen durchgeführt. Erfahrungen an größeren Patientenkollektiven findet man dagegen nur vereinzelt. So fehlen Angaben zur Wirkung eines Farbstofflasers mit einer Wellenlänge von 588 nm nahezu völlig. Bezüglich des Einsatzes von Lasern zur Pigment-Photothermolyse finden sich in erster Linie Berichte über den gütegeschalteten Rubinlaser und nur wenige Arbeiten über den gütegeschalteten Neodym:YAG-Laser.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, den Einsatz dieser beiden Laser im klinischen Alltag über einen längeren Zeitraum zu bewerten. Im Gegensatz zu der Vielzahl anderer Veröffentlichungen sollte ein größeres Patientenkollektiv betrachtet werden. Das Indikationsspektrum sollte kritisch überprüft und Qualität und Quantität der auftretenden Nebenwirkungen dokumentiert werden.

Im einzelnen galt es, folgende Fragen zu beantworten:

- Sind die beiden Laser praxistauglich?
- Welche Erkrankungen wurden behandelt (Indikationsspektrum)?
- Wie erfolgreich sind die Behandlungen bei den verschiedenen Indikationen (Ansprechraten)?
- Welche unerwünschten Wirkungen sind zu erwarten (Nebenwirkungsspektrum)?

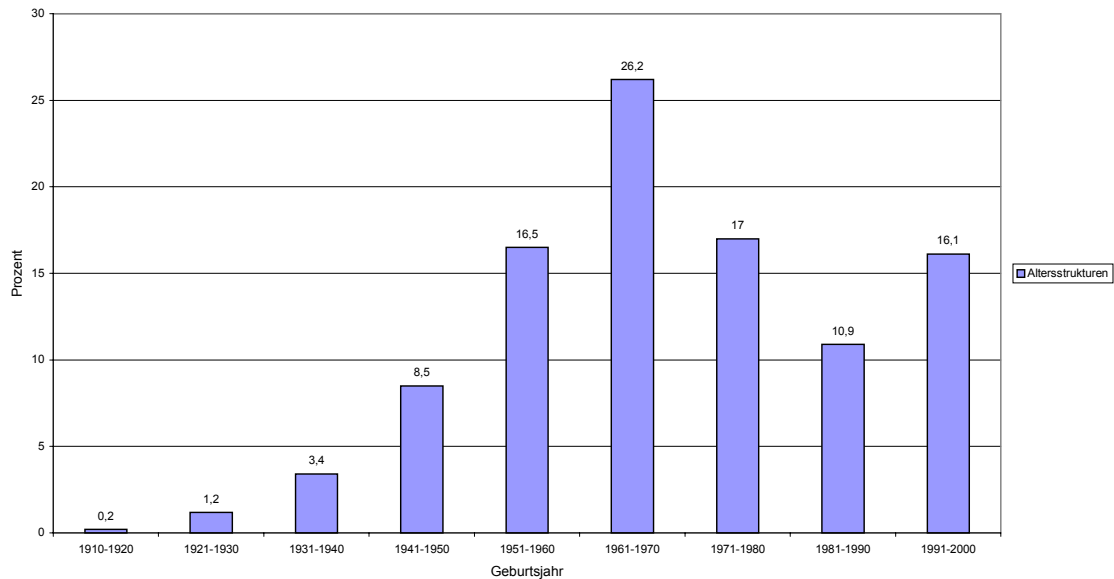


Abb.2: Altersstrukturen der Patienten (gesamt) in Prozent

## **2. Durchführung**

Die Daten waren prospektiv in einer Datenbank erfasst worden. Die Auswertung erfolgte zusätzlich durch Handauswertung jeder einzelnen Ambulanzkarte (Haut-Poliklinik Männer, Haut-Poliklinik Frauen, Privatambulanz), um die in der Datenbank nicht dokumentierten Patienten- und Behandlungsparameter zu vervollständigen und nicht in der Datenbank erfasste Informationen (Nebenwirkungen, Behandlungserfolg) zu ergänzen. Hierbei wurden folgende Parameter als Stammdaten erhoben: Informationen über Namen, Geburtsdaten und Geschlecht, außerdem die Diagnosen mit Lokalisationen und dem ersten Auftreten. Bei jeder Behandlung wurden folgende Informationen eingegeben: Anzahl und Zeitpunkt der einzelnen Behandlung, aufgetretene Nebenwirkungen und der Behandlungsstatus. Die in dieser Datenbank fehlenden Informationen wurden anhand der zusätzlich geführten Behandlungssakte nachgetragen. Diese Daten wurden in eine Tabellenkalkulation übertragen.

Zur Auswertung der Fotodokumentation wurde eine im Fotolabor des ZDV (=Zentrum für Dermatologie und Venerologie) vorhandene Datenbank ausgewertet, daneben die Einträge in der Karteikarte sowie die Fotoscheine in chronologischer Reihenfolge. Erfasst wurde neben dem Datum und der Anzahl der gemachten Fotos auch das verwendete Material (Dia, Polaroidfoto, Kamera). Soweit vorhanden, wurde anhand des Fotoarchivs eine weitere Auswertung der Behandlungsergebnisse vorgenommen.

## **3. Laser-Systeme**

### **3.1 Blitzlampen-gepumpte gepulster Farbstofflaser (FPDL)**

Der blitzlampen-gepumpte gepulste Farbstofflaser war das Modell „Vasognost“ der Firma Carl Baasel Lasertechnik Starnberg (heute: „Wavelight“), Deutschland, mit einer Wellenlänge von 588 nm (Farbstoff: Rhodamin) und einer einstellbaren Impulsdauer von 200 bzw. 300 µs. Die Impulse können bei diesem Gerät einzeln oder auch repetierend mit einer Frequenz von 1 bis 2 Hz abgegeben werden. Das Handstück ist von 3 bis 7 mm einstellbar, verwendet wurden immer 4 mm. Die Laserfaser besteht aus einer Quarzglasfaser mit einem Kerndurchmesser von 600 µm und ist mit einem Schutzschlauch geschützt. Die Laserimpulse werden über diese spezielle Fasersonde eingekoppelt und zum Ort der Behandlung übertragen. Die Anregung des Lasermediums erfolgt durch die Entladung eines speziell entwickelten Hochspannungsladekreises über eine Xenonblitzlampe.

### 3.2 Gütegeschalteter („Quality-Switched“) Neodym:YAG-Laser (q-sw Nd:YAG)

Der gütegeschaltete Neodymium:Yttrium-Aluminium-Granat-Laser war der MedLite Dermatology-Laser der Firma Continuum Biomedical Inc., USA, mit einstellbaren Wellenlängen von 532 bzw. 1064 nm.

Als Lasermedium fungiert ein Neodym:YAG-Stab mit einer Länge von 11,5 cm und einem Durchmesser von 6 mm. Die Übertragung des Laserstrahls erfolgt über einen Spiegelgelenkarm. Die verwendete Fleckgröße betrug 2,0 mm (Fleckgrößen von 2, 3, 4 und 6 mm sind möglich). Die Pulsbreite reicht von 5 bis 25 ns. Als Pulswiederholungsrate kommen 1 Hz, 2 Hz, 5 Hz und 10 Hz sowie ein Einzelimpulsbetrieb in Frage. Der Gelenkarm hat eine Gesamtlänge von 1,22 m und arbeitet mit insgesamt 7 Spiegeln mit einem Durchmesser von 19 mm bzw. 25,4 mm.

## 4. Auswertung

Die vorhandenen Unterlagen wurden zunächst getrennt nach den Laser-Typen bezüglich der behandelten Diagnosen unterteilt.

### 4.1 Blitzlampen-gepumpter gepulster Farbstofflaser:

Die Diagnosen wurden in die Gruppen Angiektasien, Gefäßvermehrungen, Erkrankungen, Narben, Virusakanthome und Sonstige differenziert. Die einzelnen Diagnosen in den jeweiligen Gruppen sind in **Tabelle 1** zusammengefasst.

Tabelle 1: Indikationen für den blitzlampen-gepumften gepulsten Farbstofflaser

|                   |  |
|-------------------|--|
| Angiektasien      | 1. Teleangiektasien  |
|                   | 2. Besenreiservarikose   |
|                   | 3. Erythem   |
|                   | 4. Erythrosis interfollicularis (colli)                            |
|                   | 5. Nävus araneus (Spider-Nävus)                                    |
|                   | 6. Nävus flammeus  |
|                   | 7. Nävus mixtus  |
|                   | 8. Nävus teleangiectaticus   |
|                   | 9. Vasomotorische Dysregulation                                    |
|                   | 10. Venektasie   |
| Gefäßvermehrungen | 1. Adenoma sebaceum  |
|                   | 2. Angiokeratom  |
|                   | 3. Angiom  |
|                   | 4. Granuloma pyogenicum  |
|                   | 5. Hämangiom   |
| Erkrankungen      | 1. Angioma serpiginosum  |
|                   | 2. Lupus erythematodes   |
|                   | 3. Lupus erythematodes verrucosus                                  |
|                   | 4. Mastocytose   |
|                   | 5. Rosazea (R. erythematosa, R. teleangiectatica, Rubeosis faciei) |
|                   | 6. Ulerythema ophryogenes  |
| Narben            | 1. Cicatrix  |
|                   | 2. Hypertrophe Narbe   |
|                   | 3. Keloid  |
| Virusakanthome    | 1. Virusakanthome (Verrucae vulgares)                              |
| Sonstige          | 1. Atrophoderma vermiculata  |
|                   | 2. Hypertrichose   |



#### 4.2 Gütegeschalteter Neodym:YAG-Laser:

Hier wurden die Diagnosen ebenfalls in Gruppen unterteilt, nämlich exogene und endogene Pigmentierungen sowie Andere (Näheres siehe **Tabelle 2**).

Tabelle 2: Indikationen für den gütegeschalteten Nd:YAG-Laser

|         |                     |   |
|---------|---------------------|---|
| Exogen  | 1. Freiwillig       | a) Tätowierung (nicht spezifiziert oder kombiniert aus b und c) |
|         |                     | b) Laientätowierung   |
|         |                     | c) Profitätowierung   |
|         | 2. Traumatisch      | a) Schmutztätowierung   |
|         | 3. Postoperativ     | a) Narbe (pigmentiert)  |
| Endogen | 1. Epidermal        | a) Café-au-lait-Fleck   |
|         |                     | b) Lentigo benigna (L. simplex, L. senilis)                     |
|         |                     | c) Nävus spilus   |
|         | 2. Epidermal/Dermal | a) Becker-Nävus   |
|         | 3. Dermal           | a) Chloasma   |
|         |                     | b) Melasma  |
|         |                     | c) Nävus Ota  |
| Andere  |                     | a) Hyperpigmentierung   |
|         |                     | b) Hypertrichose  |

#### 4.3 Behandlungskriterien

Die weitere Auswertung erfolgte anhand des ermittelten Behandlungsstatus:

1. Behandlung erfolgreich abgeschlossen,
2. Behandlung ohne Erfolg abgeschlossen,
3. Behandlung abgebrochen (Grund unbekannt),
4. Behandlung noch nicht abgeschlossen.

Zugrunde gelegt wurden hierbei die Eintragungen in den Karteikarten, die Dokumentation in der Computer-Datenbank sowie die Auswertung der Fotodokumentation.

Als Erfolg wurde eine mindestens fünfzigprozentige Aufhellung bei Behandlung sowohl mit dem gepumpten gepulsten Farbstofflaser als auch mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser angesehen. Bei den Diagnosen Granuloma pyogenicum und Virusakanthome lag ein Erfolg bei vollständigem Verschwinden vor. Ein Erfolg in der Narbenbehandlung wurde in einer Farbänderung und/oder der Besserung der subjektiven Beschwerden (z.B. Juckreiz) gesehen.

Bei Hämangiomen wurden ausschließlich oberflächliche, rote und gut sichtbare flache oder solche mit gering ausgeprägtem exophytischem Anteil behandelt. Hämangiome, die nicht rot waren oder einen stark subkutanen Anteil aufwiesen, wurden nicht mit diesem Laser behandelt. Daraus resultiert ein Erfolg bei dem Eintreten einer deutlich sichtbaren Regression oder zumindest bei einem Stop der Progressionsphase.

Da die Ansprechraten der beiden Laser in zahlreichen Studien mit verschiedenen Diagnosen bereits überprüft wurden, war das Ziel dieser Untersuchung die Beurteilung der Laser im Klinikeinsatz unter Routinebedingungen. Daher wurde als Erfolgsparameter auch die Patientenzufriedenheit genommen. Ein Fall wurde deshalb dann als erfolgreich abgeschlossen, wenn der Patient oder der Behandler keine weitere Notwendigkeit zu einer Fortführung der Therapie sahen, da sie mit dem Ergebnis zufrieden waren. Ohne Erfolg abgeschlossen galt eine Behandlung dann, wenn nach einer obligaten Probelaserung oder mehreren Sitzungen keine Verbesserung oder gar eine Verschlechterung des Befundes zu verzeichnen war. Ein Abbruch der Behandlung lag dann vor, wenn ein Patient (in der Regel mehrfach) zum vereinbarten Termin nicht erschienen war. Die Gründe hierfür sind in der Regel nicht nachvollziehbar.

Die Schwierigkeit der Beurteilung lag in der Bewertung der Gruppe 3 („Behandlungsabbruch“). Dieses Kollektiv umfasst Patienten, die lediglich einmal behandelt wurden und sich danach nicht mehr vorstellten (21 %); das Ansprechen der Behandlung ist somit nicht beurteilbar. Die größte Gruppe (69 %) umfasst hingegen Patienten, bei denen in den Akten ein Ansprechen der Behandlung nachweislich dokumentiert ist (=leichte bis deutliche Besserung bzw. Aufhellung). Es ist daher davon auszugehen, dass bei 2/3 der Patienten dieser Gruppe ein Behandlungserfolg erzielt wurde. Da dies aber definitiv nicht abschließend beurteilt werden kann, blieben diese bei der prozentualen Beurteilung des Behandlungserfolges unberücksichtigt. Es wurden lediglich die gesamt abgeschlossenen Fälle (=Gruppe 1 und 2) mit den erfolgreich abgeschlossenen (=Gruppe 1) in Beziehung gesetzt.

Aufgrund des hohen Anteils dokumentierter Erfolge aus Gruppe 3 (2/3 der Behandlungen dieser Gruppe), wären bei Einbeziehung dieser Gruppe prozentual noch bessere Ergebnisse zu erwarten.

Weiter wurde Wert gelegt auf die Dokumentation der aufgetretenen Nebenwirkungen. Daher wurden alle Patienten regelhaft vor jeder Behandlung nach der Verträglichkeit der letzten Sitzung befragt. Wurden Nebenwirkungen geäußert, wurden diese in der Karteikarte oder in der Datenbank dokumentiert. Da davon auszugehen ist, dass schwere Nebenwirkungen in jedem Fall von Patienten spontan geäußert wurden, sind die dokumentierten Nebenwirkungsraten als realistisch anzusehen. Lediglich die obligaten Nebenwirkungen, wie Blaufärbung nach Behandlung mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser und Krustenbildung nach Behandlung mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser, über die in jedem Fall aufgeklärt war, sind nicht in allen Fällen vom Patienten genannt bzw. in den Akten erfasst worden.

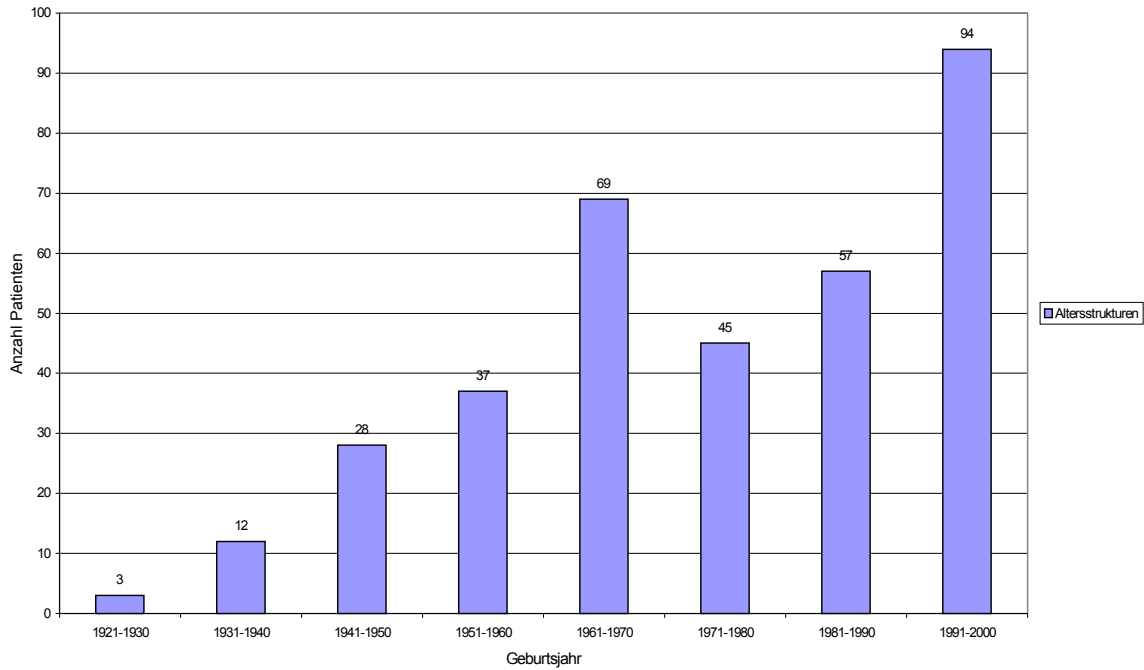


Abb. 4: Altersverteilung nach Geburtsjahr bei Patienten, die mit dem FPDL behandelt wurden

## 2.2 Diagnosen

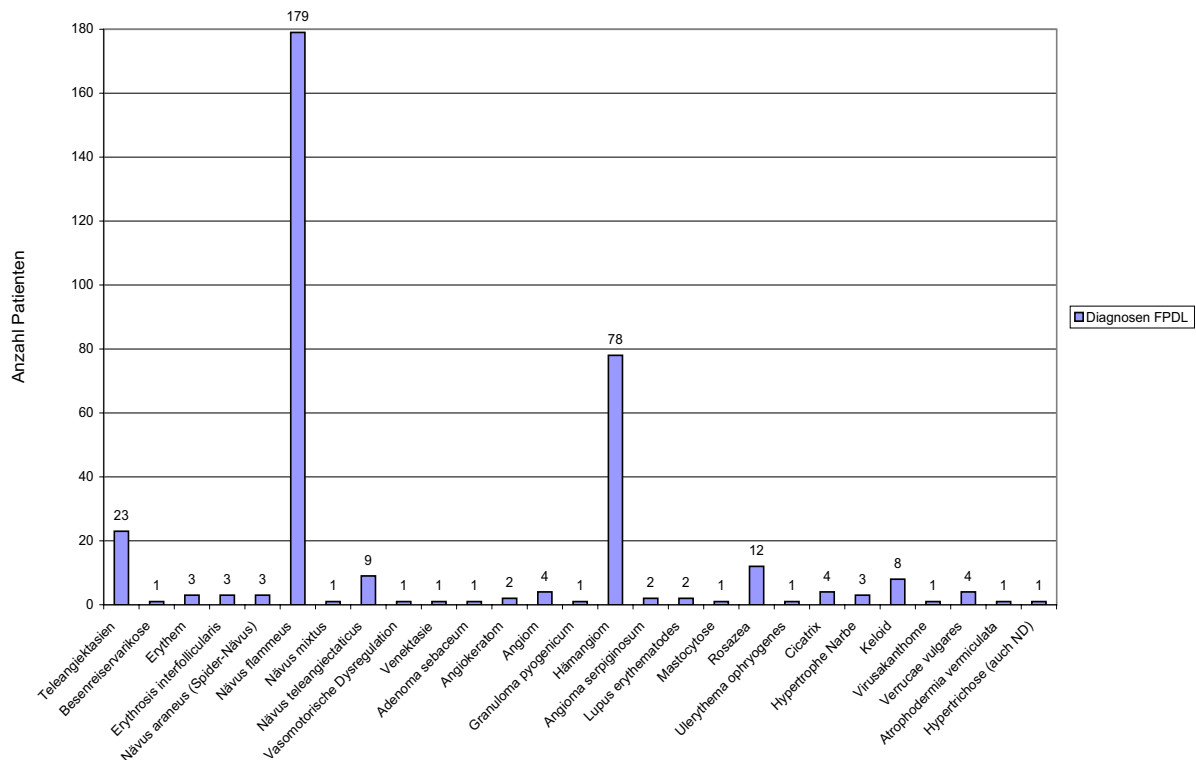


Abb. 5: Diagnosen bei Behandlung mit dem FPD

Alle behandelten Diagnosen sind in **Abbildung 5** dargestellt. Die Unterteilung wurde analog **Tabelle 1** vorgenommen, entsprechend der Klassifikation in Angiektasien, Gefäßvermehrungen, Erkrankungen, Narben, Virusakanthome (Verrucae vulgares) sowie Sonstige.

Die mit Abstand am häufigsten behandelten Diagnosen, Nävi flammei (n=179 entsprechend 51,9%) und Hämangiome (n=78 entsprechend 22,6%), machen zusammen bereits 74,5 Prozent der behandelten Patienten aus (n=257). Nimmt man noch die in der Häufigkeit folgenden Teleangiektasien dazu (n=23 entsprechend 6,7%), so entfielen 81,2 Prozent (n=280) der Behandlungen auf die drei häufigsten Diagnosen. Nach ihrer Häufigkeit folgen: Rosazea (n=12), Nävus teleangiectaticus (n=9) und Keloide (n=8). Insgesamt wurden 27 verschiedene Diagnosen behandelt, 9 davon traten nur bei je einem Patienten auf. Es sind dies Besenreiservarikose, vasomotorische Dysregulation, Venektasie, Adenoma sebaceum, Granuloma pyogenicum, Mastocytose, Ulerythema ophryogenes, Atrophoderma vermiculata und Hypertrichose. Letzterer Patient wurde bezüglich der gleichen Problemstellung auch mit dem gütegeschalteten Neodym:YAG-Laser behandelt. Die restlichen Diagnosen zeigten eine Häufigkeit zwischen n=2 und n=5 Patienten.

### 2.3 Behandlungsstatus und Ergebnisse

Von 345 behandelten Fällen sind 177 (51,3%) als abgeschlossen zu betrachten. Davon entfallen 129 Fälle (37,4%) auf die Kategorie I (=erfolgreicher Abschluss) und 48 Fälle (13,9%) auf die Kategorie II (=Abschluss ohne Erfolg). Die restlichen Patienten verteilen sich wie folgt: in 83 Fällen (24,3%) kam es zum Behandlungsabbruch, 82 Fälle (23,5%) sind noch in Behandlung und bei 3 Patienten (0,9%) waren keine Unterlagen auffindbar.

Betrachtet man nur die abgeschlossenen Fälle, so liegt der Anteil der Erfolge bei 72,9 Prozent, d.h. etwa drei Viertel aller Behandlungen waren zu einem erfolgreichen Abschluss zu bringen. Bei den abgebrochenen Fällen, 24,3 Prozent aller Behandlungen, ist eine weitere Einordnung nicht möglich.

Schlüsselt man den Behandlungsstatus auf, zeigt sich, dass ein erfolgreicher Abschluss in den in **Abbildung 6** dargestellten Fällen zu erzielen war.

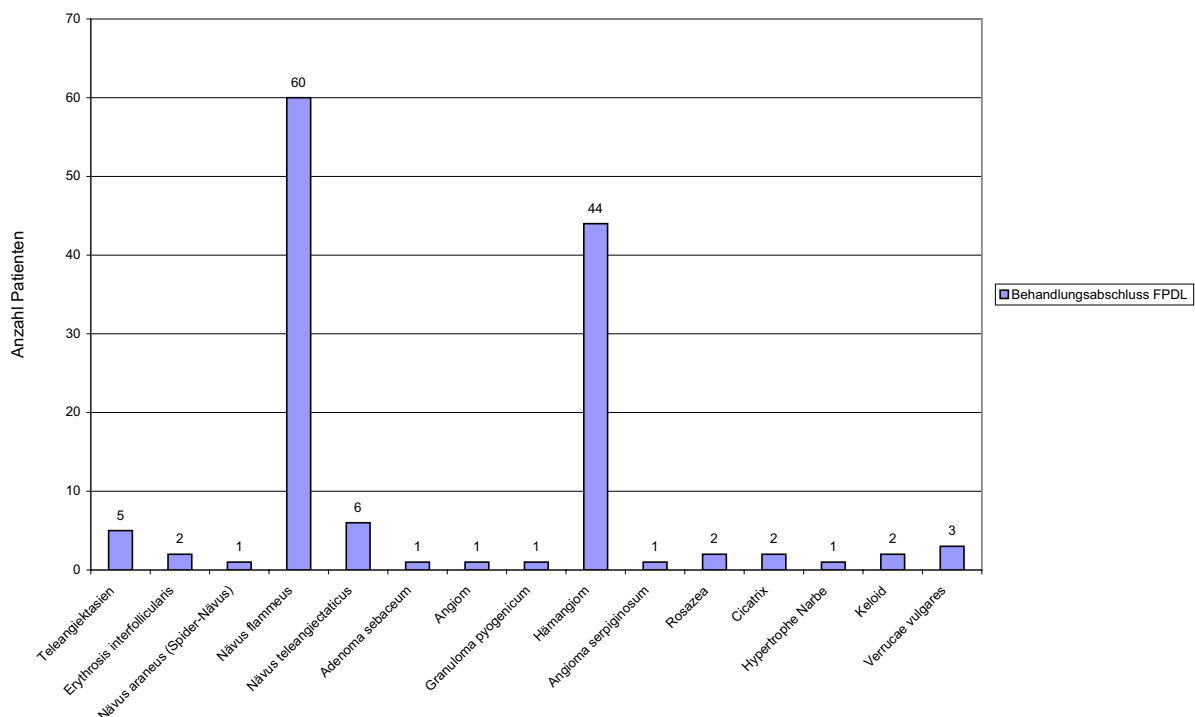


Abb. 6: Erfolgreicher Behandlungsabschluss bei Verwendung des FPDL

Die Erfolgsquoten der drei häufigsten Diagnosen sind in **Tabelle 3** zu sehen, diejenigen Erfolgsquoten der weiteren Behandlungen sind **Tabelle 4** zu entnehmen.

Tabelle 3: Erfolgreicher Abschluss der drei häufigsten mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser behandelten Diagnosen

| Diagnose         | Anzahl gesamt | Anzahl abgeschlossen | Anzahl Erfolg | Prozent Erfolg |
|------------------|---------------|----------------------|---------------|----------------|
| Nävus flammeus   | 179           | 73                   | 60            | 82,2           |
| Hämangiome       | 78            | 56                   | 44            | 78,6           |
| Teleangiektasien | 23            | 7                    | 5             | 71,4           |

Tabelle 4: Erfolgreicher Abschluss nach Behandlung mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser

| Diagnose                     | Anzahl gesamt | Anzahl abgeschlossen | Anzahl Erfolg | Prozent Erfolg |
|------------------------------|---------------|----------------------|---------------|----------------|
| Erythrosis interfollicularis | 3             | 2                    | 2             | 100%           |
| Nävus araneus                | 3             | 1                    | 1             | 100%           |
| Nävus teleangiectaticus      | 9             | 7                    | 6             | 85,7%          |
| Adenoma sebaceum             | 1             | 1                    | 1             | 100%           |
| Angiom                       | 4             | 3                    | 1             | 33,3%          |
| Granuloma pyogenicum         | 1             | 1                    | 1             | 100%           |
| Angioma serpiginosum         | 2             | 1                    | 1             | 100%           |
| Rosazea                      | 12            | 6                    | 2             | 33,3%          |
| Cicatrix                     | 4             | 3                    | 2             | 66,7%          |
| Hypertrophe Narbe            | 3             | 1                    | 1             | 100%           |
| Keloid                       | 8             | 5                    | 2             | 40%            |
| Virusakanthome               | 5             | 5                    | 3             | 60%            |

Zu den Diagnosen mit 100 Prozent erfolgreichem Abschluss (Erythrosis interfollicularis, Nävus araneus, Adenoma sebaceum, Granuloma pyogenicum, Angioma serpiginosum und hypertrophe Narbe) ist zu sagen, dass es sich hierbei jeweils nur um maximal zwei behandelte und abgeschlossene Fälle handelte.

Aus dem bisher gesagten ergibt sich, dass bei folgenden Diagnosen zumindest bis zum Abschluss der Untersuchung keine erfolgreiche Behandlung möglich war:

Besenreiservarikose, Erythem, Nävus mixtus, Vasomotorische Dysregulation, Venektasie, Angiokeratom, Lupus erythematodes, Mastocytose, Ulerythema ophryogenes, Atrophoderma vermiculata und Hypertrichose.

Bei den Diagnosen Erythem, vasomotorische Dysregulation und Ulerythema ophryogenes befanden sich zum Ende der Studie noch Patienten in Behandlung, in allen anderen Fällen wurde die Behandlung erfolglos beendet oder abgebrochen.

## 2.4 Dosis

In den **Abbildungen 7** und **8** werden die verwendeten Fluences bei allen Behandlungen und bei erfolgreich abgeschlossenen Behandlungen gegenübergestellt. In beiden Fällen wurden mit 54 bzw. 49 Prozent ca. die Hälfte aller Behandlungen mit 6 J/cm<sup>2</sup> durchgeführt.

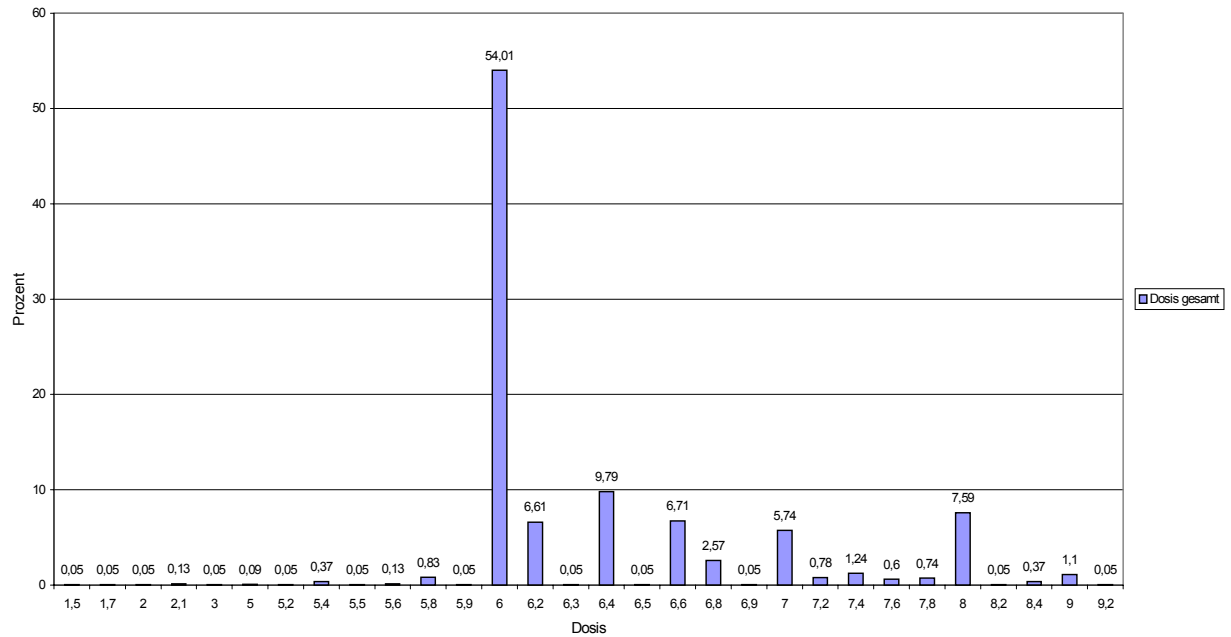


Abb. 7: Dosis bei allen Behandlungen unter Verwendung des FPD (in Prozent)

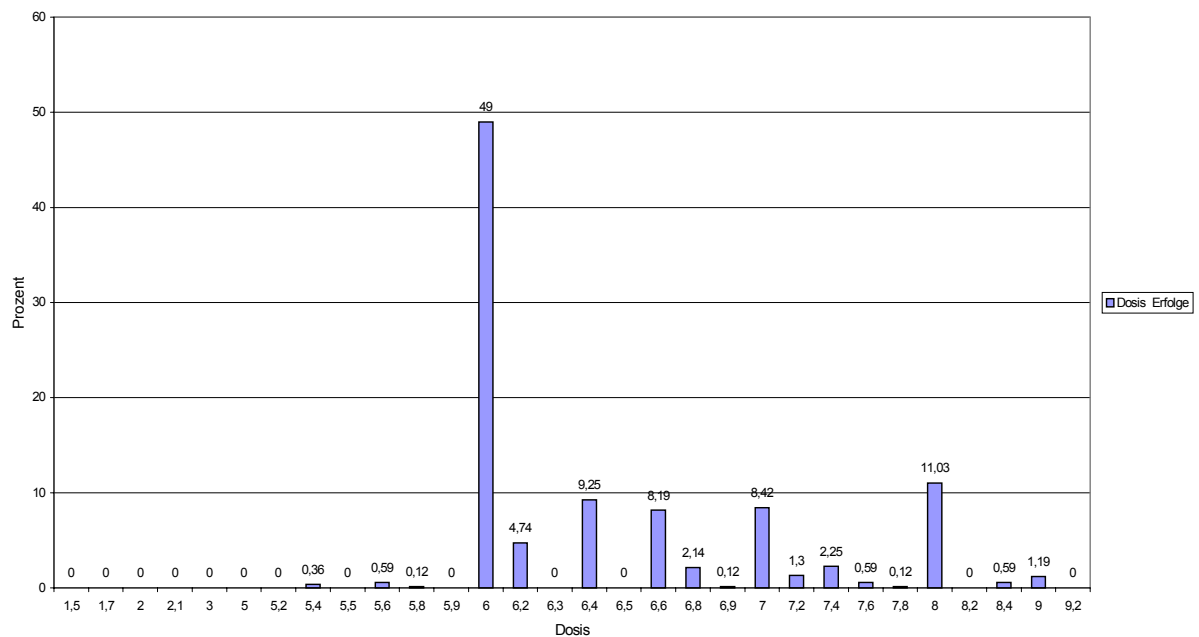


Abb. 8: Dosis bei erfolgreicher Behandlung mit dem FPD (in Prozent)

## 2.5 Anzahl der Behandlungen

Ein Blick auf die Anzahl der Behandlungen zeigt, dass Patienten bis zu 23 mal im Zeitraum der vorliegenden Studie zur Behandlung mit dem gepulsten Farbstofflaser in die Klinik kamen. Allerdings erfolgte nach bis zu 6 Behandlungen in 68,4 Prozent der Fälle keine weitere Therapie mehr (**Abbildung 9**). Am häufigsten erfolgten 2 bis 4 Behandlungen pro Patient (12,2% bzw. 13,9% bzw. 15,9%), während 1, 5 und 6 Behandlungen seltener vorkamen und mehr als 6 Behandlungen eher die Ausnahme darstellten.

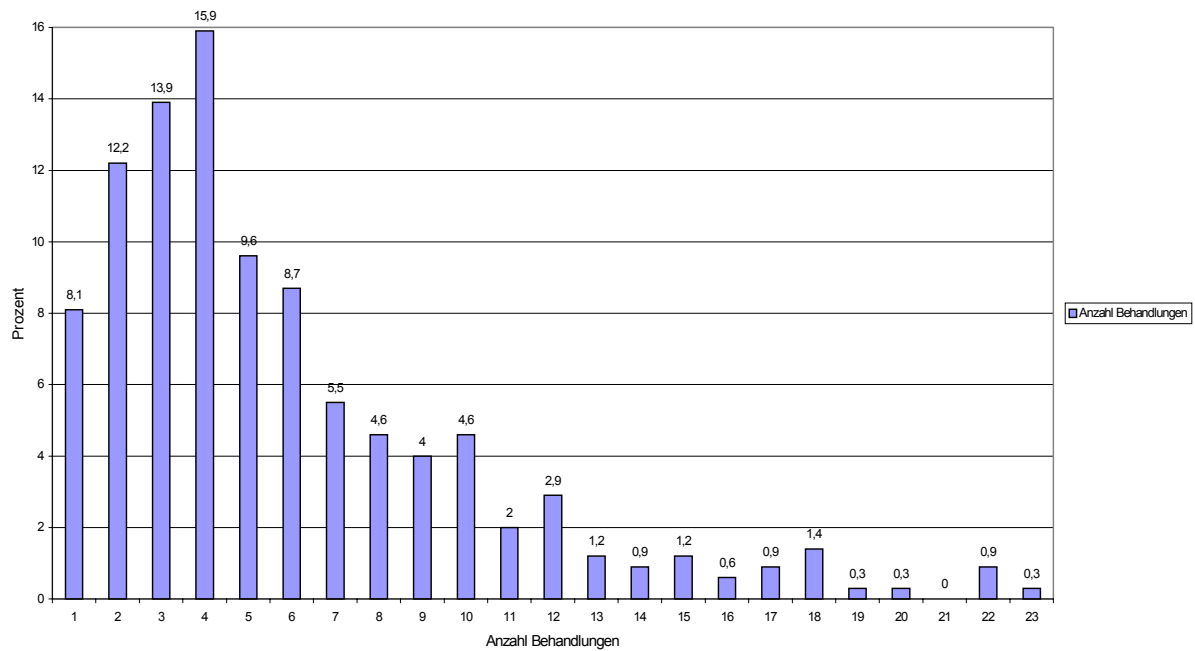


Abb. 9: Anzahl der Behandlungen aller Patienten (in Prozent) bei Verwendung des FPD

Betrachtet man allein die erfolgreich abgeschlossenen Behandlungen (**Abbildung 10**), so waren nach maximal 6 Behandlungen bereits 64,3 Prozent und nach maximal 7 Behandlungen sogar 71,3 Prozent der Fälle abgeschlossen. Von 129 erfolgreich Therapierten sind dies 83 (nach 6 Behandlungen) bzw. 92 Personen (nach 7 Behandlungen). Auch hier ist ein Maximum bei 4 Behandlungen (20,1%) zu verzeichnen. Allerdings wurden mehr Patienten zwischen 2 und 6 Sitzungen behandelt. Erfolgreich behandelte Fälle mit dem gepulsten Farbstofflaser benötigten also mehr Behandlungen. Ein Großteil der Diagnosen konnte nach bis zu 7 Sitzungen erfolgreich behandelt werden.

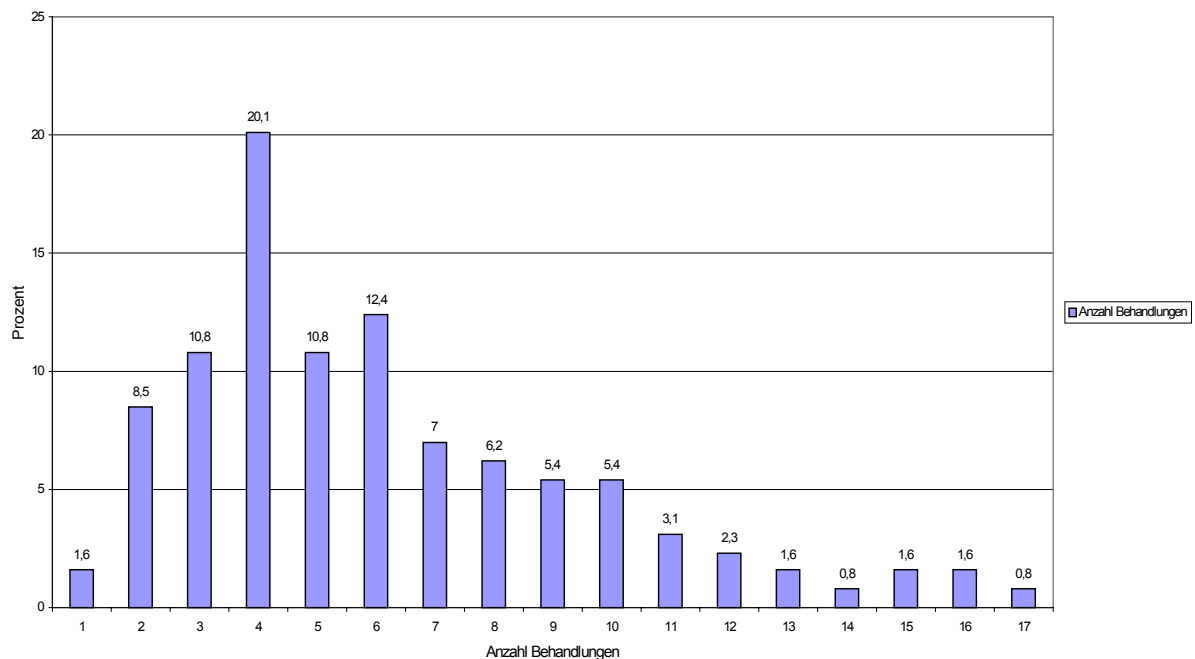


Abb. 10: Anzahl der Behandlungen bei erfolgreichem Abschluss unter Verwendung des FPD (in Prozent)

## 2.6 Behandlungsintervalle

Die meisten mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser durchgeführten Behandlungen (**Abbildung 11**) wurden in einem Abstand zwischen 41 und 100 Tagen durchgeführt (68,6%). Einzelne Intervalle gehen bis zu 1387 Tagen (fast 4 Jahre!), was auf Behandlungsunterbrechungen zurückzuführen ist.

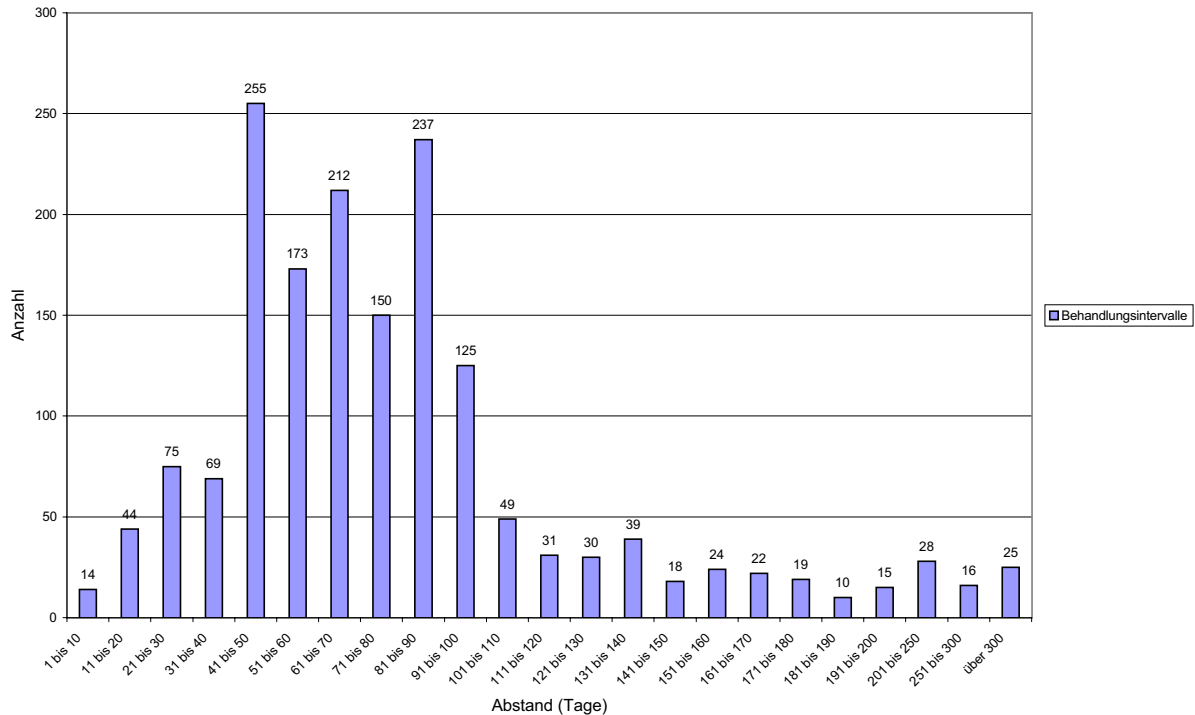


Abb. 11: Behandlungsintervalle bei Verwendung des FPDL

## 2.7 Nebenwirkungen

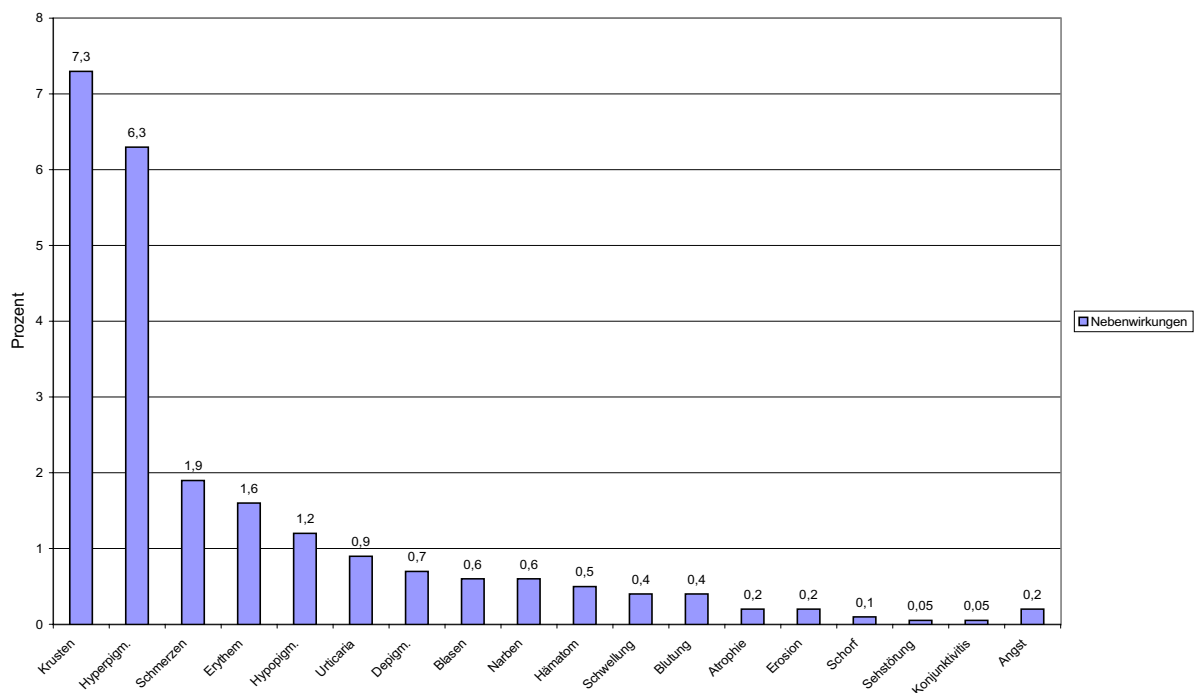


Abb. 12: Auftreten von Nebenwirkungen (in Prozent) bei Behandlungen mit dem FPDL



Bei jeder Behandlung wurden die Patienten regelhaft nach aufgetretenen Nebenwirkungen befragt.

Das Spektrum der Nebenwirkungen unter Verwendung des gepulsten Farbstofflasers ist **Abbildung 12** zu entnehmen.

Die häufigste Nebenwirkung, Krustenbildung, trat in lediglich 7,3 Prozent der Behandlungen auf. Außer dieser und den Hyperpigmentierungen (6,3%) trat keine Nebenwirkung in mehr als 2 Prozent der Behandlungen auf, in 84,2 Prozent der Fälle traten gar keine Nebenwirkungen auf. Dies zeigt, dass die Behandlung mit dem gepulsten Farbstofflaser ein äußerst nebenwirkungsarmes Therapieverfahren darstellt. Hinzu kommt, dass alle Nebenwirkungen transients Natur waren, in keinem Fall fand sich eine bleibende Nebenwirkung.

In den meisten Fällen traten die Nebenwirkungen in einem Zeitraum von maximal 2 Tagen auf. Lediglich bei 7,5 Prozent aller Behandlungen (n=24), bei denen Nebenwirkungen aufgetreten sind, dauerten diese länger an. Bei 13 Behandlungen kam es zu einer bis zu einer Woche andauernden Reaktion, in 6 Fällen waren es bis zu 2 Wochen. 3 bis 4 Wochen andauernde Nebenwirkungen waren bei 4 Behandlungen zu beobachten, in einem Fall dauerte es 6 Wochen bis zur Abheilung.

Bezogen auf den einzelnen Patienten traten bei insgesamt 42,3 Prozent der Patienten Nebenwirkungen auf, d.h. über die Hälfte der Patienten blieb nebenwirkungsfrei. Es zeigt sich, dass sich die beiden häufigsten Nebenwirkungen (=Krustenbildung und Hyperpigmentierung) bezogen auf Patienten oder Behandlungen nicht unterscheiden. Daher wurde auf eine zusätzliche Abbildung verzichtet.

Die beiden häufigsten Diagnosen, Nävus flammeus und Hämangiome, sollen wegen ihrer herausragenden Bedeutung in der Behandlung mit dem FPD-L im Folgenden genauer betrachtet werden.

## **2.8 Nävus flammeus**

### 2.8.1 Ergebnisse und Lokalisationen

Der Nävus flammeus fand sich in folgenden Lokalisationen: Gesicht (10,2%), Stirn (5,1%), Wange (18,7%), Augenregion (3%), Nase (5,1%), Oralbereich (0,9%), Kinn (2,6%), Schläfe (4,3%), Ohr (4,6%), Occipitalregion (0,9%), Hals (7,2%), Schulter (2,6%), Nacken (0,9%), Rücken (1,3%), Thorax (5,5%), Abdomen (0,9%), Gesäß (1,7%), Arm (4,6%), Oberarm (2,1%), Unterarm (2,1%), Hand (1,7%), Bein (3,8%), Oberschenkel (3,8%), Unterschenkel (5,1%), Fuß (1,3%).

Insgesamt waren 54,5 Prozent der behandelten Fälle im Gesichtsbereich zu finden, meist an der Wange (18,7%). Die Extremitäten folgten in der Häufigkeitsverteilung mit 14 Prozent (Beine/Füße) und 10,5 Prozent (Arme/Hände). Hier fällt auf, dass der Unterschenkel häufiger betroffen war als der Oberschenkel oder die Füße (5,1% gegenüber 3,8% bzw. 1,3%), während Ober- und Unterarm mit je 2,1% gleich stark betroffen waren. Im Vergleich dazu fanden sich 70,4 Prozent der erfolgreich behandelten Nävi flammei im Gesichtsbereich (**Abbildung 13**).

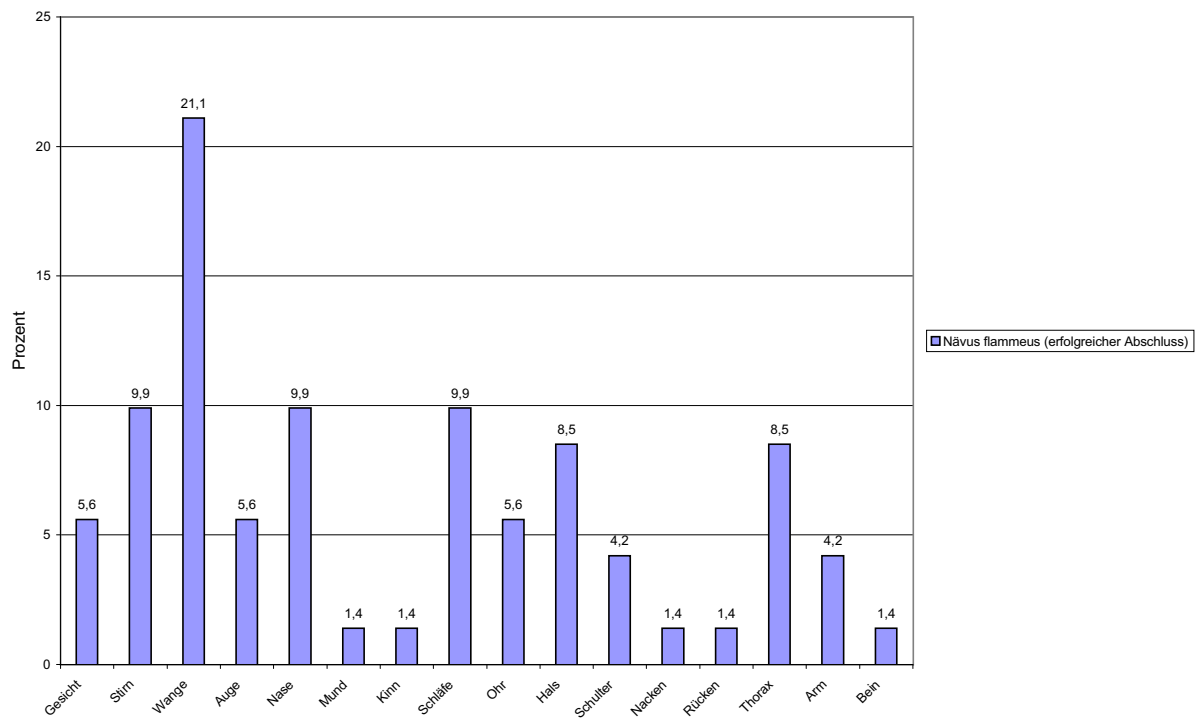


Abb. 13: Lokalisation erfolgreich behandelter Nävi flammei (in Prozent)

Erfolgreich behandelte Nävi flammei fanden sich in den Lokalisationen, die in den **Abbildungen 14** und **15** zu sehen sind. Die Legende findet sich in **Tabelle 5**, ebenso die Anzahl gesamt und erfolgreich abgeschlossener Nävi flammei entsprechend ihrer Lokalisationen.

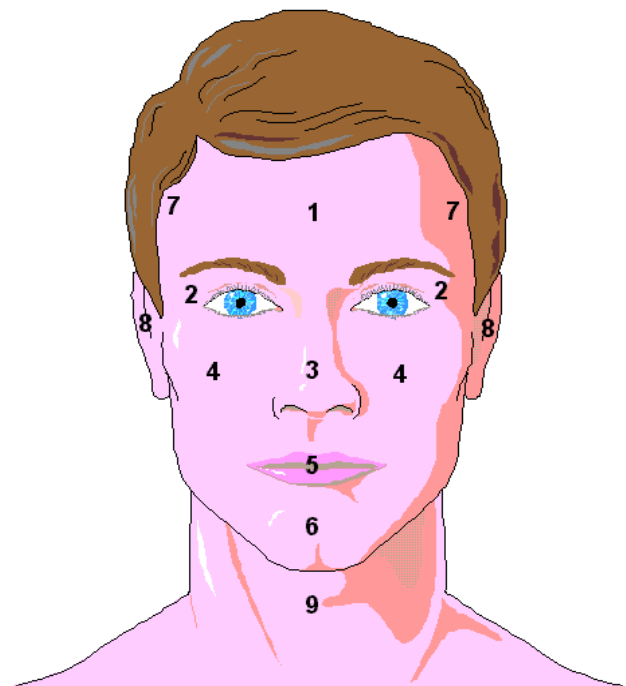


Abb. 14: Lokalisationen von Nävi flammei im Kopf-/Gesichtsbereich  
(Legende siehe Tabelle 5)

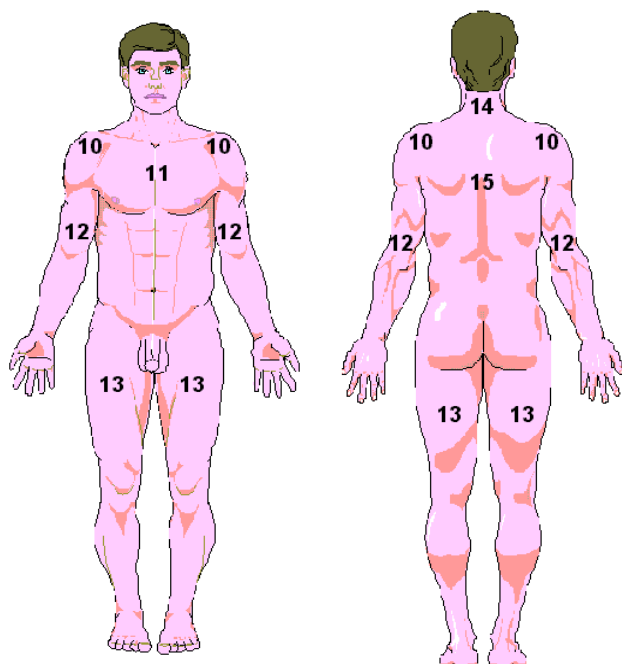


Abb. 15: Lokalisationen von Navi flammei in der Front- und Rückansicht  
(Legende siehe Tabelle 5)

Tabelle 5: Legende der Abbildungen 14 und 15, sowie der Anteil erfolgreich abgeschlossener Behandlungen von Navi flammei

| Nummer | Lokalisation | Anzahl Abschluss | Anzahl Erfolg | Prozent Erfolg |
|--------|--------------|------------------|---------------|----------------|
|        | Gesicht      | 8                | 4             | 50 %           |
| 1      | Stirn        | 7                | 7             | 100 %          |
| 2      | Augenregion  | 4                | 4             | 100 %          |
| 3      | Nase         | 7                | 7             | 100 %          |
| 4      | Wange        | 15               | 15            | 100 %          |
| 5      | Oralbereich  | 1                | 1             | 100 %          |
| 6      | Kinn         | 1                | 1             | 100 %          |
| 7      | Schläfe      | 7                | 7             | 100 %          |
| 8      | Ohr          | 4                | 4             | 100 %          |
| 9      | Hals         | 6                | 6             | 100 %          |
| 10     | Schulter     | 3                | 3             | 100 %          |
| 11     | Thorax       | 6                | 6             | 100 %          |
| 12     | Arm          | 4                | 3             | 75 %           |
| 13     | Bein         | 8                | 1             | 12,5 %         |
| 14     | Nacken       | 1                | 1             | 100 %          |
| 15     | Rücken       | 2                | 1             | 50 %           |

Es fällt auf, dass bei lediglich vier Lokalisationen (Gesicht, Rücken, Arm und Bein) Behandlungen ohne Erfolg abgeschlossen wurden (13 Patienten oder 17,8%). Lediglich bei der Lokalisation „Bein“ besteht ein negatives Verhältnis mit 87,5 Prozent erfolglos abgeschlossener Behandlungen (7 Patienten). Bei der Lokalisation „Gesicht“ handelt es sich um nicht näher spezifizierbare Fälle, bei denen kein genauere Eintrag in der Karteikarte und keine Fotodokumentation zu finden waren. Aus diesem Grund fehlt hier eine weitere Einordnung im Rahmen der **Abbildungen 14 und 15**. Es ist allerdings davon auszugehen,

dass es sich hierbei um Lokalisationen handelte, die aufgrund ihrer Größe nicht genauer einzuteilen waren.

Die Lokalisationen „Arm“ und „Bein“ wurden in der Übersicht zusammengefasst, aufgrund ihres geringeren Anteils am Gesamtaufkommen wurde keine Trennung in Oberarm/Oberschenkel, Unterarm/Unterschenkel und Hand/Fuß vorgenommen. Bei den Lokalisationen Occipitalbereich, Abdomen und Gesäß konnte kein erfolgreicher Abschluss erzielt werden.

Nävi flammei im Gesicht (Nr.1 bis 8 und Lokalisation „Gesicht“ nach **Tabelle 5**) konnten bei 92 Prozent erfolgreich behandelt werden. Für den restlichen Körper ergibt sich eine 70 prozentige Erfolgsquote, wobei die Lokalisation „Bein“ mit lediglich 12,5 Prozent Erfolg negativ hervorsteicht.

### 2.8.2 Dosis

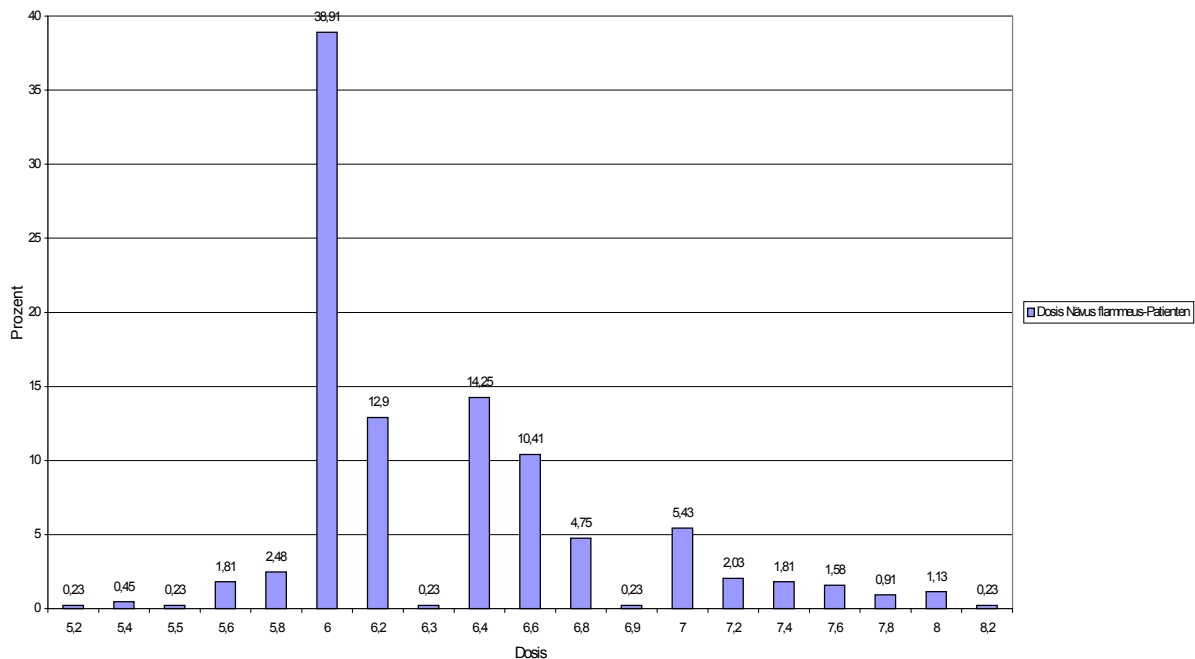


Abb. 16: Verwendete Dosen bei Behandlungen von Nävus flammeus-Patienten mit dem FPD (in Prozent)

Wie **Abbildung 16** zeigt, wurden Patienten mit Nävus flammeus mit einer Dosis von 5,2 bis 8,2 J/cm² behandelt. Die überwiegende Mehrzahl der Patienten wurde mit einer Dosis von 6 J/cm² behandelt (38,9%). Bei 48,2 Prozent lag die Dosis bei 6,2 bis 7,0 J/cm². Insgesamt wurden 87,1 Prozent der Patienten mit einer Dosis von 6 bis 7 J/cm² behandelt. Darunter und darüber liegende Fluences wurden nur bei einzelnen Patienten verwendet.

### 2.8.3 Anzahl der Behandlungen

Für einen erfolgreichen Abschluss der Behandlung eines Nävus flammeus waren bis zu 17 Behandlungen nötig (**Abbildung 17**). Bei 25,3 Prozent der erfolgreich abgeschlossenen Fälle waren 4 Behandlungen ausreichend. Aus der Abbildung lässt sich weiter ableiten, dass ein erfolgreicher Abschluss von Nävi flammei-Behandlungen mit dem gepulsten Farbstofflaser in der Regel in 4 (25,3%) bis 11 (84,6%) Sitzungen zu erzielen ist.

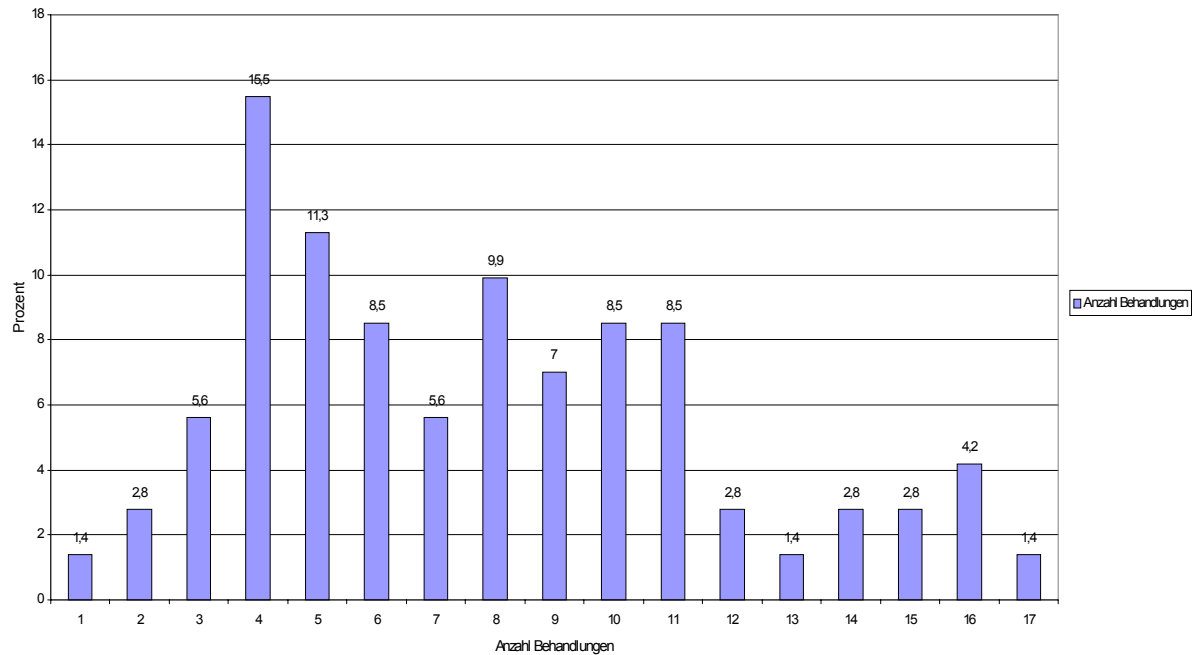


Abb. 17: Anzahl der Behandlungen bei erfolgreich abgeschlossener Nävi flammei-Behandlung (in Prozent)

#### 2.8.4 Behandlungsintervalle

Im Behandlungszeitraum wurden 1140 Behandlungen bei Patienten mit Nävus flammeus durchgeführt (**Abbildung 18**). Der Abstand zwischen den einzelnen Behandlungen bewegte sich zwischen 5 und 1387 Tagen. Die meisten Behandlungen wurden im Abstand von 41 bis 100 Tagen durchgeführt (72,8%).

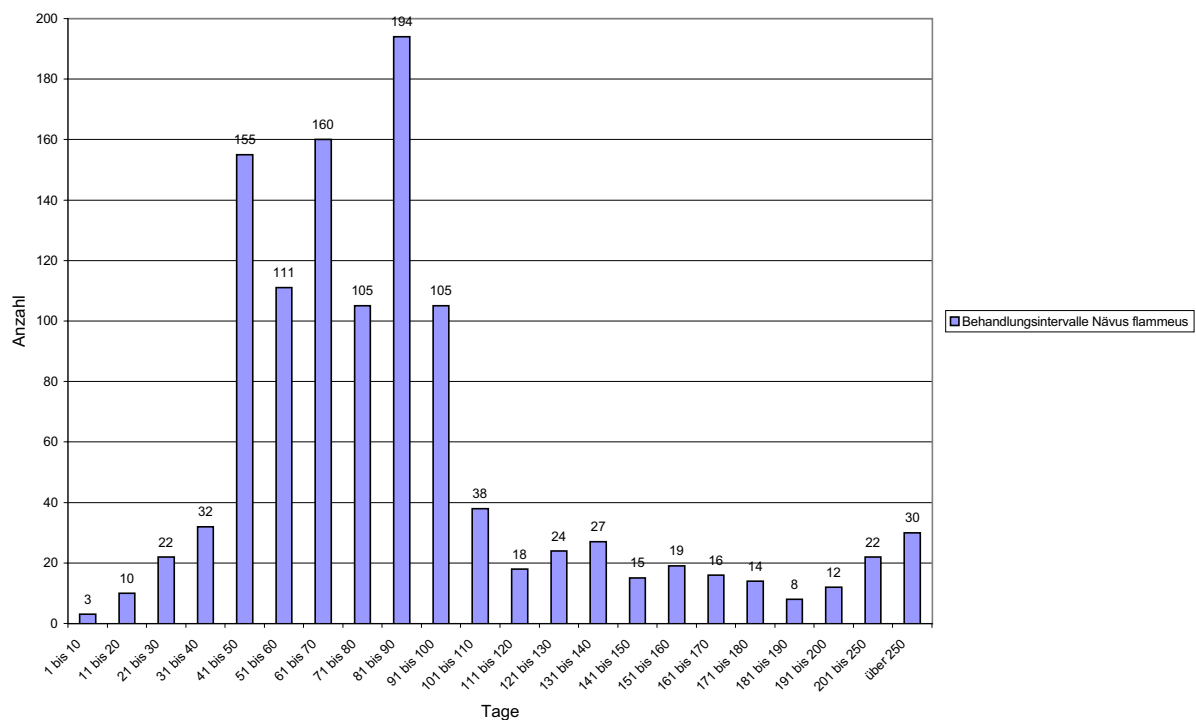


Abb. 18: Behandlungsintervalle bei Behandlungen von Nävi flammei unter Verwendung des FPD

## 2.9 Hämangiome

### 2.9.1 Ergebnisse und Lokalisationen

Außer den Nävi flammei sind die Hämangiome die mit am häufigsten behandelte Diagnose (22,6%). Deshalb sollen auch sie noch genauer betrachtet werden.

Insgesamt überwogen die Lokalisationen im Kopfbereich mit gesamt 60 Prozent in der Reihenfolge Stirn (12,6%), Orallbereich (10,5%) und Nase (9,5%). Auch der Komplex Thorax-Bauch trat mit 11 Prozent noch relativ häufig auf. Insgesamt fanden sich Hämangiome bei folgenden Lokalisationen:

Kopf (2,1%), Gesicht (1%), Capillitium (3,2%), Stirn (12,6%), Auge (5,3%), Temporalregion (5,3%), Nase (9,5%), Wange (7,4%), Orallbereich (10,5%), Kinn (1%), Ohr (2,1%), Hals (4,2%), Thorax (5,3%), Abdomen (5,3%), Rücken (4,2%), Schulter (1%), Arm (3,2%), Hand (3,2%), Gesäß (3,2%), Perianalregion (2,1%), Genitalregion (1%), Inguinalregion (2,1%), Hüfte (1%), Bein (3,2%), Fuß (1%).

Nimmt man nur die erfolgreich abgeschlossenen Fälle, so ergibt sich für deren Lokalisationen das in den **Abbildungen 19** und **20** zu sehende Bild.

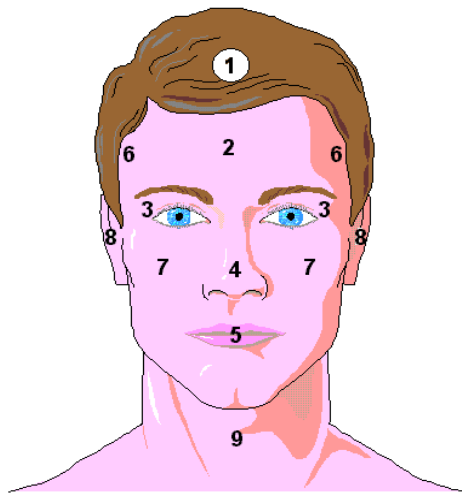


Abb. 19: Lokalisation erfolgreich behandelter Hämangiome im Kopf-/Gesichtsbereich (Legende siehe Tabelle 6)

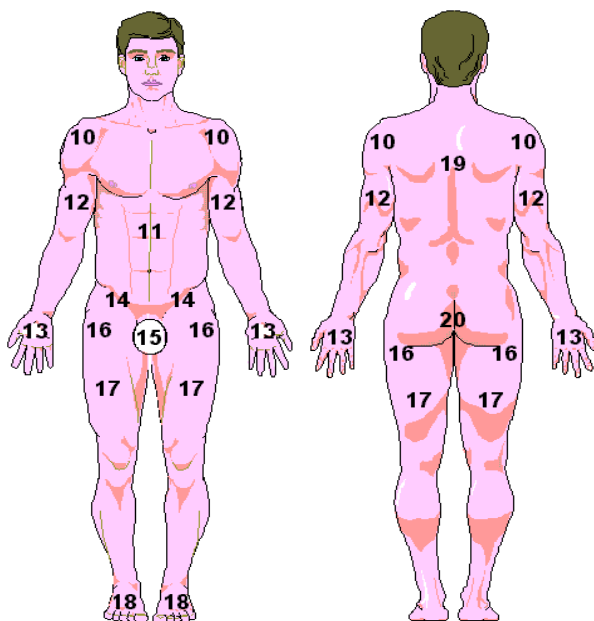


Abbildung 20: Lokalisation erfolgreich behandelter Hämangiome in der Front- und Rückansicht (Legende siehe Tabelle 6)

Tabelle 6: Legende der Abbildungen 19 und 20, sowie der Anteil erfolgreich abgeschlossener Behandlungen von Hämangiomen

| Nummer | Lokalisation   | Anzahl Abschluss | Anzahl Erfolg | Prozent Erfolg |
|--------|----------------|------------------|---------------|----------------|
|        | Kopf           | 2                | 2             | 100 %          |
| 1      | Capillitium    | 1                | 1             | 100 %          |
| 2      | Stirn          | 10               | 7             | 70 %           |
| 3      | Auge           | 3                | 1             | 33,3 %         |
| 4      | Nase           | 7                | 7             | 100 %          |
| 5      | Oralbereich    | 8                | 5             | 62,5 %         |
| 6      | Temporalregion | 3                | 3             | 100 %          |
| 7      | Wange          | 5                | 5             | 100 %          |
| 8      | Ohr            | 2                | 1             | 50 %           |
| 9      | Hals           | 3                | 3             | 100 %          |
| 10     | Schulter       | 1                | 1             | 100 %          |
| 11     | Abdomen        | 4                | 3             | 75 %           |
| 12     | Arm            | 3                | 3             | 100 %          |
| 13     | Hand           | 1                | 1             | 100 %          |
| 14     | Inguinalregion | 1                | 1             | 100 %          |
| 15     | Genitalregion  | 1                | 1             | 100 %          |
| 16     | Hüfte          | 1                | 1             | 100 %          |
| 17     | Bein           | 3                | 3             | 100 %          |
| 18     | Fuß            | 1                | 1             | 100 %          |
| 19     | Rücken         | 1                | 1             | 100 %          |
| 20     | Perianalregion | 1                | 1             | 100 %          |

Bei der Lokalisation „Kopf“ fehlte sowohl in den Karteikarten eine genauere Spezifizierung, als auch die Fotodokumentation. Deshalb war hier keine weitere Zuordnung möglich. Die Lokalisation „Augenregion“ zeigt als einzige mit 66,6 Prozent erfolglos behandelter Fälle eine negative Bilanz. Insgesamt waren nur bei 12 Patienten in 8 unterschiedlichen Lokalisationen Hämangiome zu finden, die ohne Erfolg abgeschlossen wurden. Neben den in **Tabelle 6** aufgeführten (Stirn, Auge, Oralbereich, Ohr, Abdomen) sind dies: Kinn, Thorax und Gesäß. Bei diesen Lokalisationen wurde keine Behandlung erfolgreich abgeschlossen, allerdings war hier auch jeweils nur ein Patient betroffen.

Der Anteil erfolgreich behandelter Hämangiome liegt ebenfalls bei ca. 60 Prozent, allerdings fällt auf, dass im Bereich der Stirn und der Nase mit jeweils 13,5 Prozent der höchste Anteil erfolgreich abgeschlossener Hämangiom-Behandlungen zu finden ist, während zumindest der Anteil der Nasenregion an den Gesamtbehandlungen niedriger ist (**Abbildung 21**). Das lässt den Schluss zu, dass hier besonders effektiv mit dem gepulsten Farbstofflaser behandelt werden konnte.

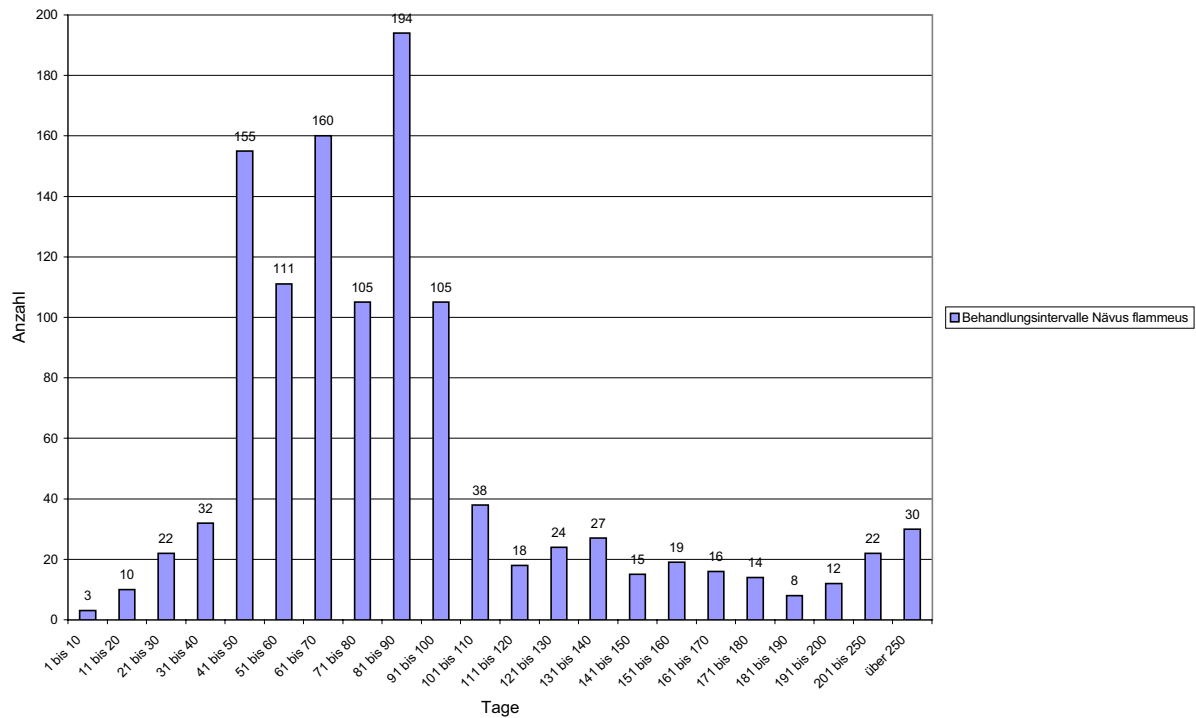


Abb. 21: Lokalisation Hämangiome (erfolgreicher Abschluss) in Prozent

## 2.9.2 Dosis

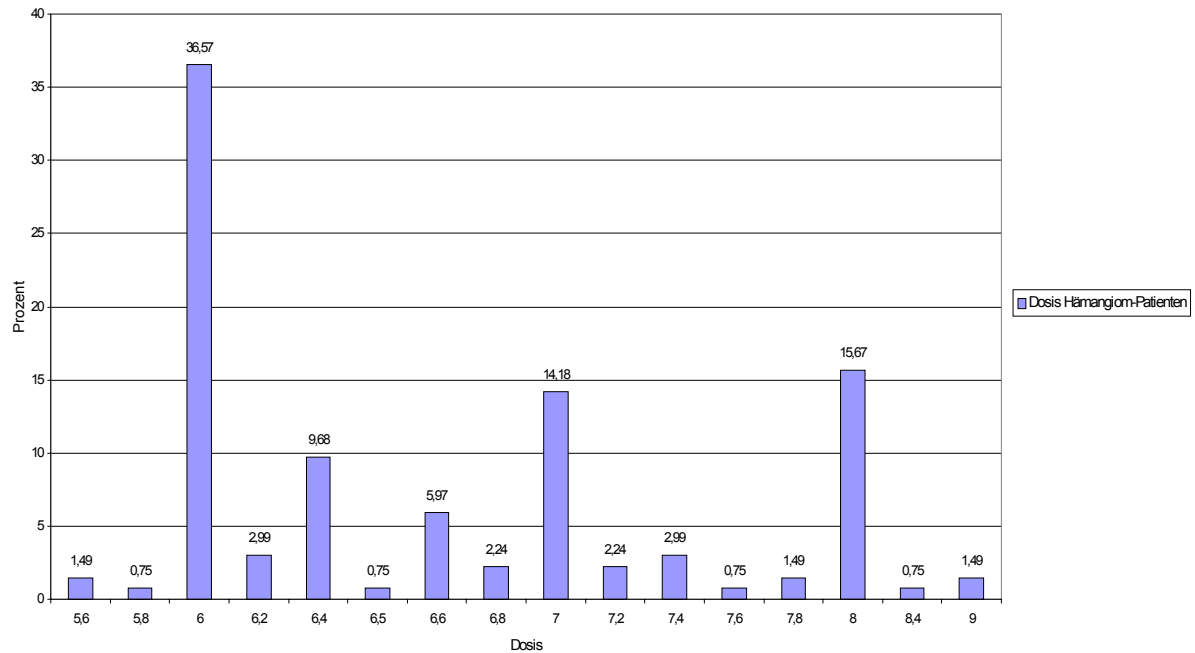


Abb. 22: Dosis bei Behandlungen von Hämangiom-Patienten mit dem FPD (in Prozent)

In **Abbildung 22** ist zu sehen, dass 36,5 Prozent der Hämangiom-Patienten mit einer Dosis von 6 J/cm<sup>2</sup> behandelt wurden. Weitere 30 Prozent erhielten je zur Hälfte 7 bzw. 8 J/cm<sup>2</sup>. Mit anderen Fluences im Bereich von 5,6 bis 9 J/cm<sup>2</sup> wurden nur einzelne Patienten behandelt.



### 2.9.3 Anzahl der Behandlungen

Ein erfolgreicher Abschluss war bei der Behandlung von Hämangiomen mit dem gepulsten Farbstofflaser in 1 bis 9 Sitzungen möglich (**Abbildung 23**), der größte Anteil lag mit zusammen 51,9 Prozent bei 3 bis 4 Behandlungen. Zusammenfassend lässt sich hier also sagen, dass eine erfolgreiche Behandlung von Hämangiomen mit dem gepulsten Farbstofflaser in 2 (15,4%) bis 7 (96,2%) Sitzungen zu erzielen ist.

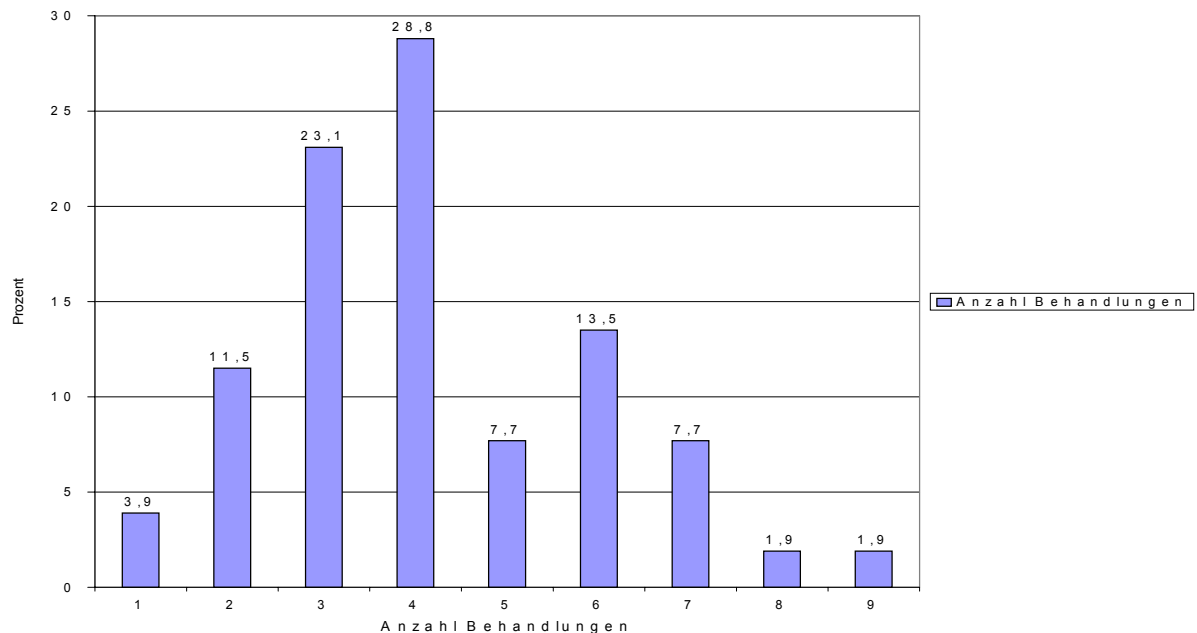


Abb. 23: Anzahl der Behandlungen bei erfolgreich abgeschlossenen Hämangiom-Behandlungen mit dem FPDL (in Prozent)

### 2.9.4 Behandlungsintervalle

Es wurden insgesamt 238 Behandlungen bei Hämangiom-Patienten durchgeführt. Wie **Abbildung 24** zeigt, lag in der überwiegenden Anzahl der Fälle (25,2%) zwischen den einzelnen Behandlungen ein Zeitraum von 41 bis 50 Tagen. Im Bereich 21 bis 90 Tage lagen insgesamt 82,4 Prozent der Behandlungen. Kürzere bzw. längere Zeiträume fanden sich nur bei einzelnen Behandlungen.

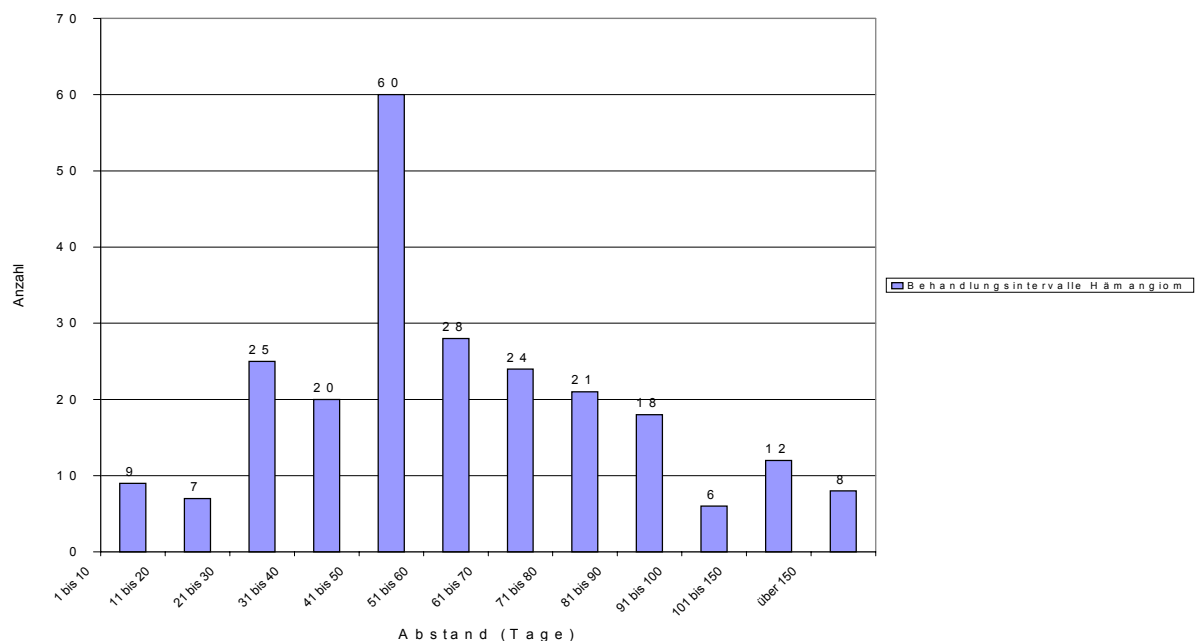


Abb. 24: Behandlungsintervalle bei Behandlungen von Hämangiom-Patienten mit dem FPDL

### 3. Gütegeschalteter Neodym:YAG-Laser

#### 3.1 Patienten

Mit dem gütegeschalteten Neodym:YAG-Laser wurden insgesamt 247 Patienten behandelt, 148 Männer und 99 Frauen. Die Altersverteilung ist in **Abbildung 25** dargestellt. Es fällt ein Maximum im Alter zwischen 30 und 40 Jahren auf (34,8%). Im wesentlichen wurden Patienten zwischen 20 und 50 Jahren behandelt (81,8%).

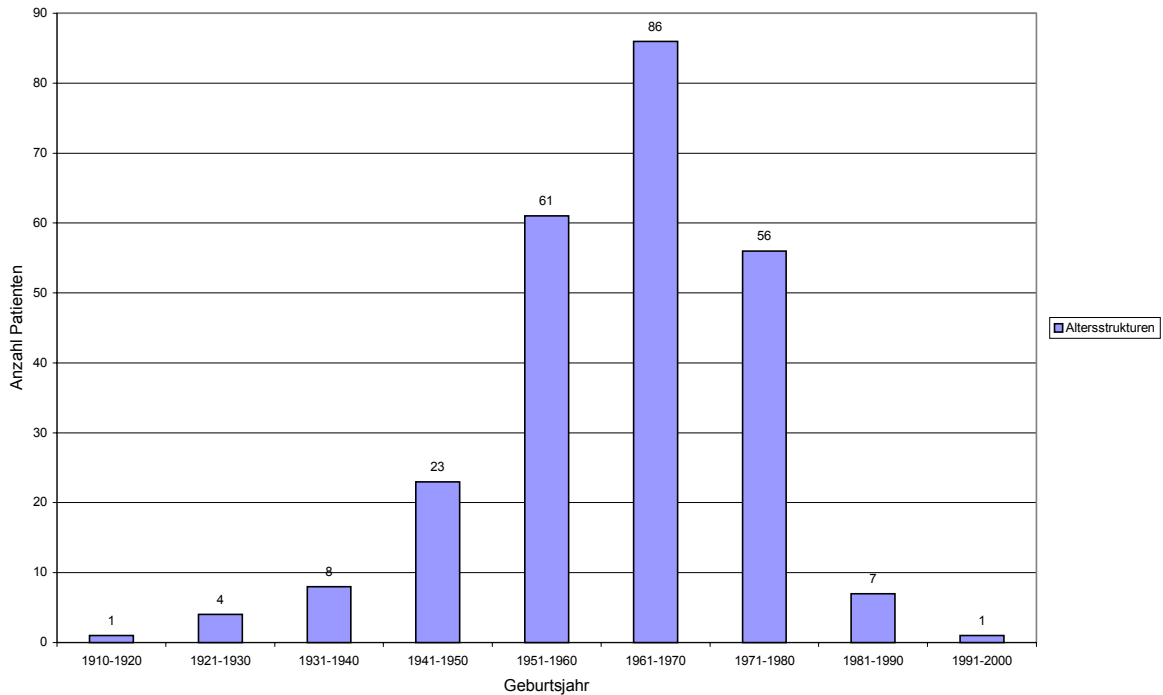


Abb. 25: Altersverteilung nach Geburtsjahr bei Patienten, die mit dem q-sw Nd:YAG behandelt wurden

#### 3.2 Diagnosen

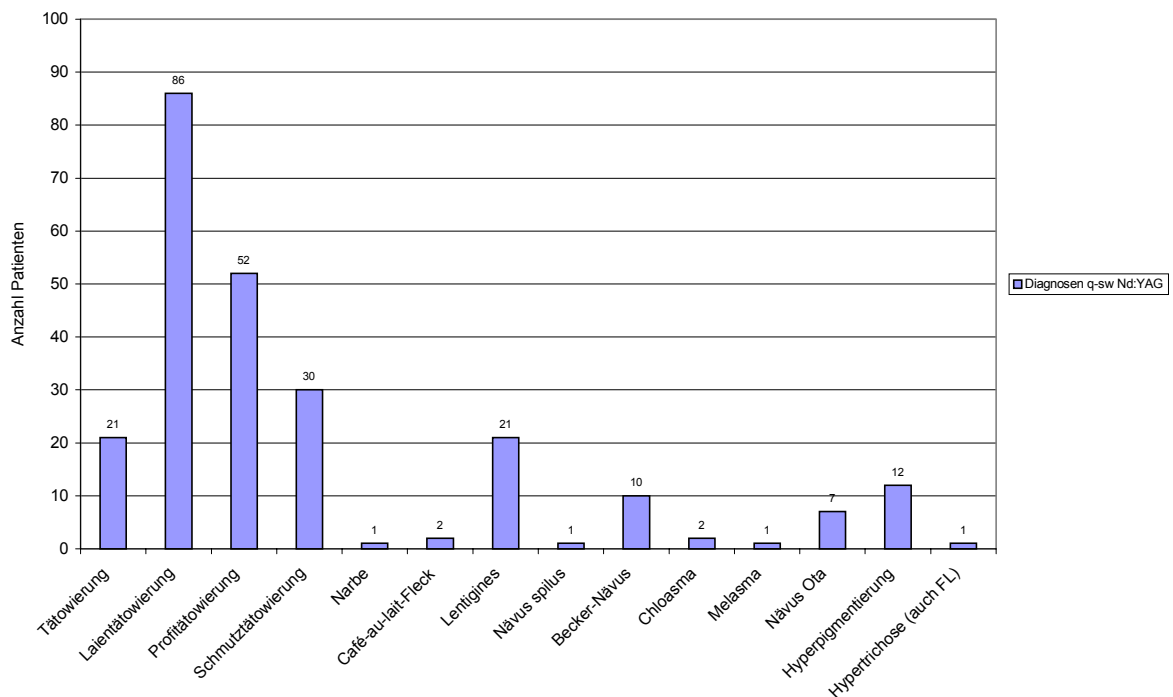


Abb. 26: Diagnosen bei Behandlung mit dem q-sw Nd:YAG

Die Diagnosen für den gütegeschalteten Nd:YAG-Laser sieht man in **Abbildung 26**, die Einteilung erfolgte entsprechend **Tabelle 2**. Am häufigsten behandelt wurden Tätowierungen mit insgesamt 76,8 Prozent. Da bei etlichen Patienten mehrere Tätowierungen zu finden waren, konnte in einigen Fällen keine eindeutige Zuordnung in Profi- oder Laientätowierung erfolgen. In manchen Fällen fehlten die Fotodokumentation und die Eintragung in der Karteikarte, auch hier konnte keine weitere Einordnung erfolgen. In diesen Fällen wurde die Diagnose „Tätowierung (Andere)“ zugeteilt. Insgesamt wurden 15 Diagnosen behandelt, 4 davon bei nur einem Patienten (postoperative Narbe, Nävus spilus, Melasma, Hypertrichose). Die Diagnose Hypertrichose wurde parallel auch mit einem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser behandelt. Neben den Tätowierungen wurden Lentigines (8,4%) und Becker-Nävi (4%) am häufigsten behandelt.

### 3.3 Behandlungsstatus und Ergebnisse

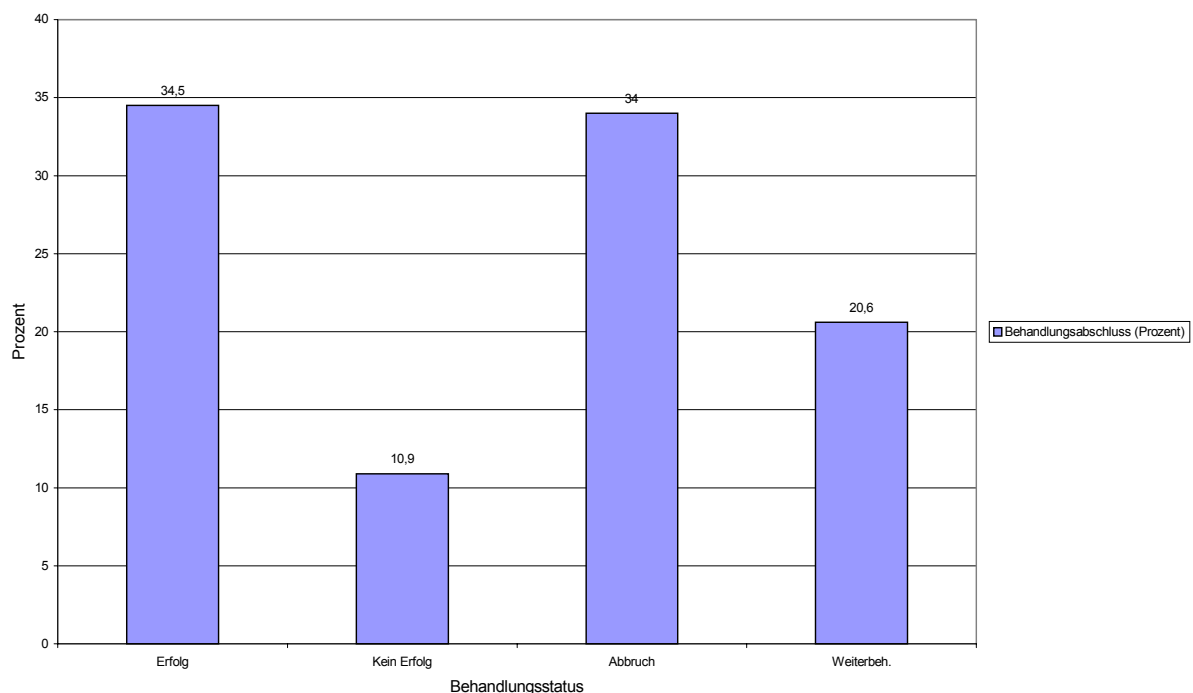


Abb. 27: Behandlungsstatus für q-sw Nd:YAG-Laser-behandelte Patienten (in Prozent)

Es wurden nahezu gleich viele Behandlungen mit 34,5 bzw. 34 Prozent erfolgreich abgeschlossen wie abgebrochen (**Abbildung 27**). Bei 20,6 Prozent der begonnenen Fälle sind die Patienten noch in Behandlung. Wenn man nur die abgeschlossenen Fälle betrachtet (Gruppe I = „Erfolg“ und Gruppe II = „kein Erfolg“), so ergibt sich mit einem Anteil von 77,3 Prozent, dass mehr als drei Viertel aller Behandlungen erfolgreich abgeschlossen werden konnten.

Die Diagnosen, bei denen bis zum Abschluss der Betrachtung Behandlungserfolge erzielt werden konnten, sind **Tabelle 7** zu entnehmen.

Tabelle 7: Erfolgreicher Abschluss nach Behandlung mit dem gütegeschalteten Neodym:YAG-Laser

| Diagnose               | Anzahl<br>gesamt | Anzahl<br>abgeschlossen | Anzahl Erfolg | Prozent Erfolg |
|------------------------|------------------|-------------------------|---------------|----------------|
| Tätowierung („Andere“) | 21               | 6                       | 5             | 83,3%          |
| Laientätowierung       | 86               | 38                      | 35            | 92,1%          |
| Profitätowierung       | 52               | 20                      | 12            | 60%            |
| Schmutztätowierung     | 30               | 16                      | 16            | 100%           |
| Lentigines             | 21               | 11                      | 10            | 90,9%          |
| Becker-Nävus           | 10               | 7                       | 3             | 42,9%          |
| Nävus Ota              | 7                | 2                       | 2             | 100%           |
| Hyperpigmentierung     | 8                | 5                       | 3             | 60%            |

Lediglich bei der Diagnose „Becker-Nävus“ besteht ein höherer Anteil erfolglos abgeschlossener Behandlungen (57,1%), hierbei handelt es sich um 4 Patienten. Weiter wurden bei den Diagnosen „postoperative Narbe“, „Café-au-lait-Fleck“, und „Hypertrichose“ mit jeweils einem Patienten und „Chloasma“ mit zwei Patienten Behandlungen ohne Erfolg abgeschlossen.

Es fällt auf, dass die Behandlung von Laientätowierungen und Schmutztätowierungen erfolversprechender ist, als die Behandlung von Profitätowierungen (92,1% bzw. 100% gegenüber 60%). Laientätowierungen haben mit 40,7 Prozent den höchsten Anteil am Gesamtaufkommen erfolgreich behandelter Patienten.

Von den 14 behandelten Diagnosen ließ sich die prinzipielle Eignung des gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers zur Behandlung bei den in **Tabelle 7** dargestellten Diagnosen dadurch ablesen, dass zumindest ein erfolgreich abgeschlossener Fall nachweislich dokumentiert wurde. Bei den 6 anderen Diagnosen ist nicht ein erfolgreich abgeschlossener Fall dokumentiert, so dass die Eignung des Lasers zur Behandlung dieser Erkrankungen kritisch hinterfragt werden muss. Bei der Diagnose Café-au-lait-Fleck, bei der bis zum Ende der Erhebungen noch kein Erfolg erzielt werden konnte, sind zumindest zum Teil Behandlungen noch nicht abgeschlossen, so dass hier eine weitere Beurteilung abzuwarten ist.

### 3.4 Dosis

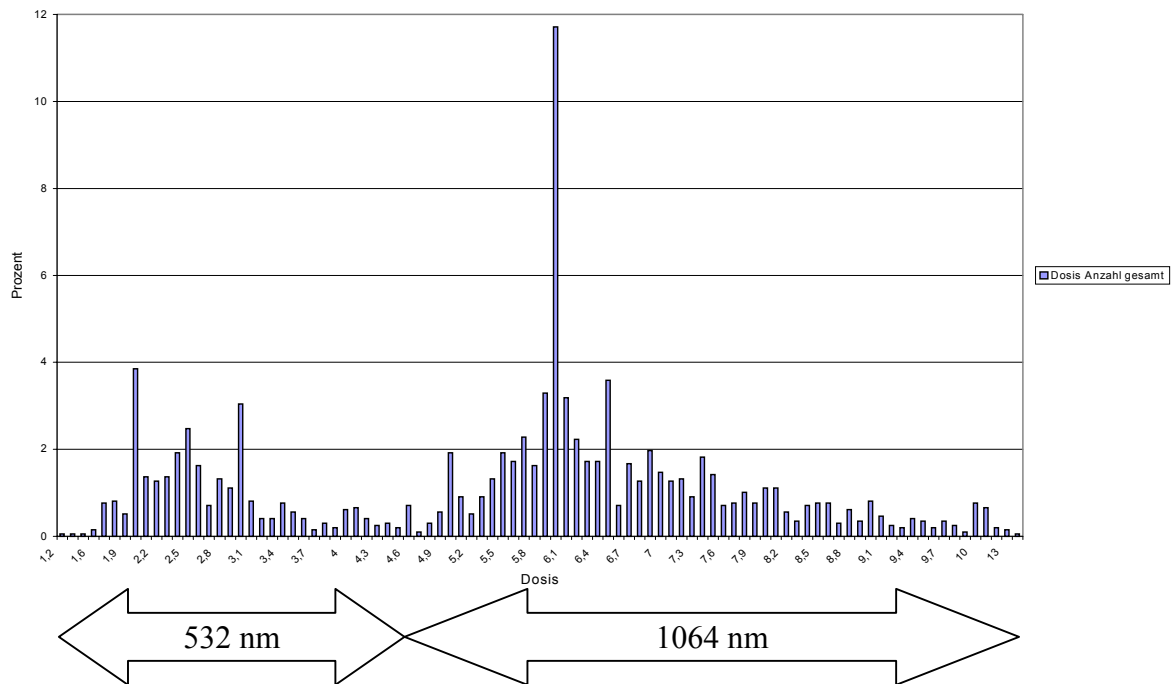


Abb. 28: Verwendete Dosen bei allen Behandlungen mit dem q-sw Nd:YAG

Patienten wurden mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser mit Fluences zwischen  $1,2 \text{ J/cm}^2$  und  $14 \text{ J/cm}^2$  behandelt (**Abbildung 28**). Mit  $532 \text{ nm}$  Wellenlänge ( $1,2$  bis  $4,6 \text{ J/cm}^2$ ) wurden 29,2 Prozent der Behandlungen durchgeführt, mit der Wellenlänge  $1064 \text{ nm}$  ( $4,6$  bis  $14 \text{ J/cm}^2$ ) 70,8 Prozent. Ein Maximum liegt bei  $6,0 \text{ J/cm}^2$  und  $1064 \text{ nm}$  Wellenlänge (11,7 %).

Betrachtet man die erfolgreich abgeschlossenen Behandlungen (**Abbildung 29**), so liegt der Anteil der mit  $532 \text{ nm}$  durchgeführten Behandlungen bei 26,8 Prozent bzw. 73,2 Prozent für  $1064 \text{ nm}$ . Der Anteil an Behandlungen mit  $1064 \text{ nm}$  Wellenlänge ist somit bei erfolgreichem Abschluss geringfügig höher als bei Berücksichtigung aller Sitzungen. Das Maximum liegt auch hier mit 12,7 Prozent bei  $6,0 \text{ J/cm}^2$ .

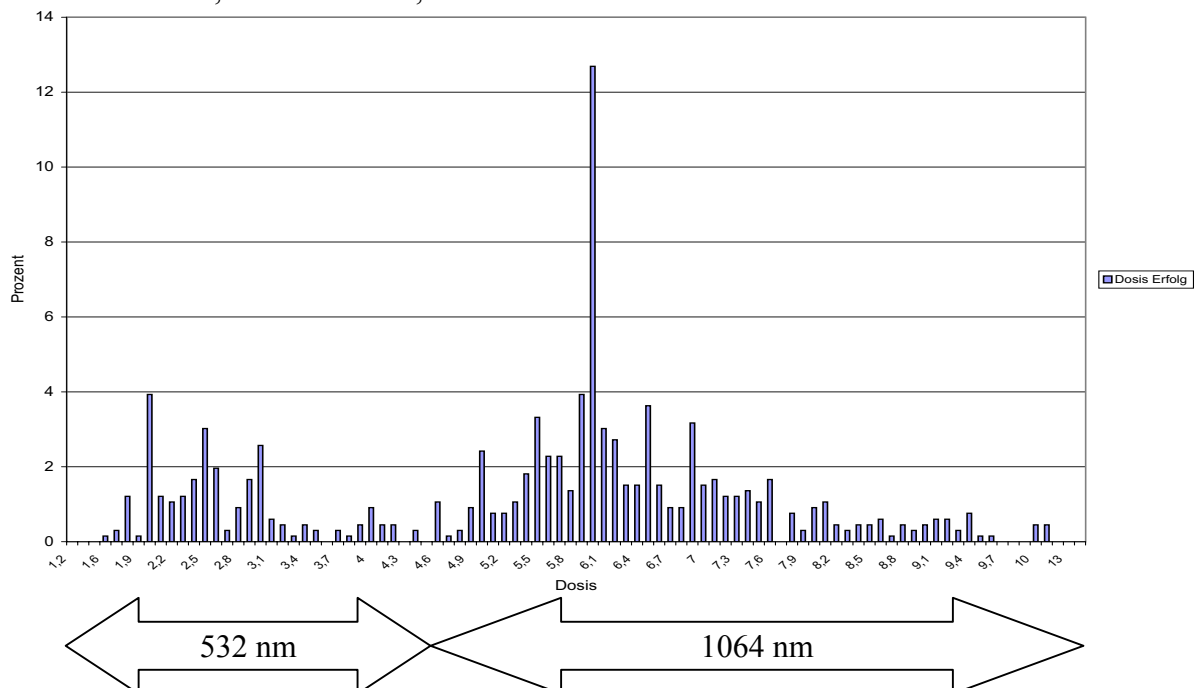


Abb. 29: Verwendete Dosen bei erfolgreichen Behandlungen mit dem q-sw Nd:YAG (in Prozent)

### 3.5 Anzahl der Behandlungen

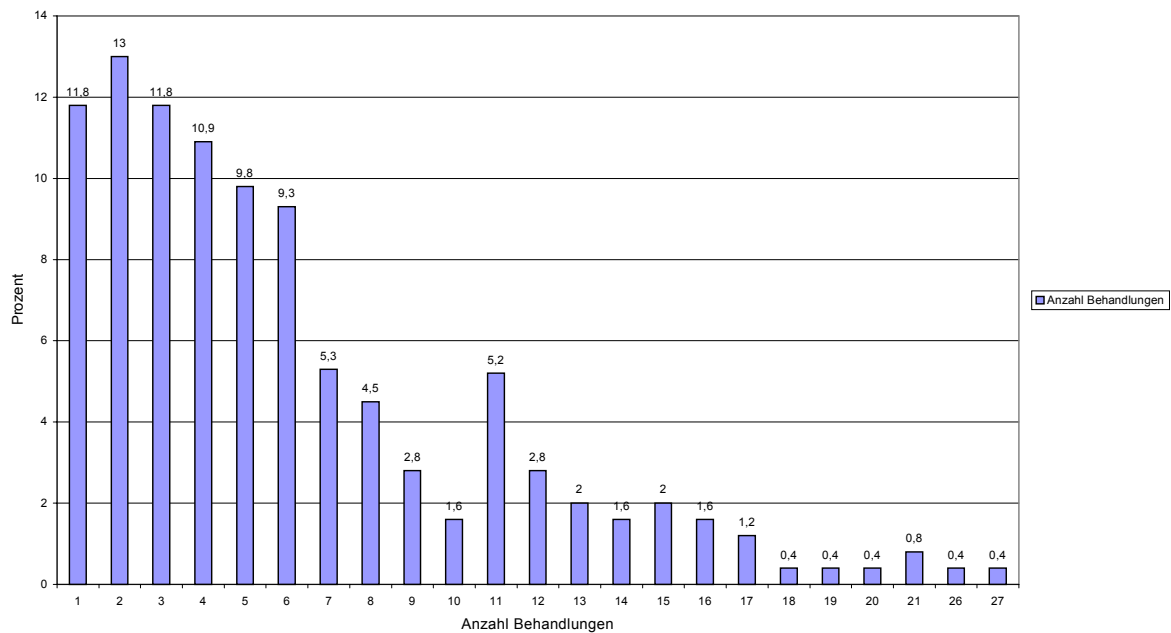


Abb. 30: Anzahl der Behandlungen aller Patienten (in Prozent) bei Verwendung des q-sw Nd:YAG

Nach bis zu 6 Behandlungen erfolgte bereits bei 66,6 Prozent der Fälle keine weitere Behandlung mehr (**Abbildung 30**). 13 oder mehr Behandlungen kamen mit maximal 2 Prozent nur in einzelnen Fällen vor, das Maximum lag bei 27 Behandlungen. Nach maximal 6 Behandlungen waren bereits 62,4 Prozent und nach maximal 7 Behandlungen sogar 71,8 Prozent der Fälle abgeschlossen.

Von 85 erfolgreich Therapierten sind dies 53 (nach 6 Behandlungen) bzw. 61 Personen (nach 7 Behandlungen). Ein Patient konnte nach 26 Behandlungen erfolgreich therapiert werden (**Abbildung 31**). Hierbei handelte es sich um mehrere Laientätowierungen an beiden Ober- und Unterarmen, die wechselweise behandelt wurden.

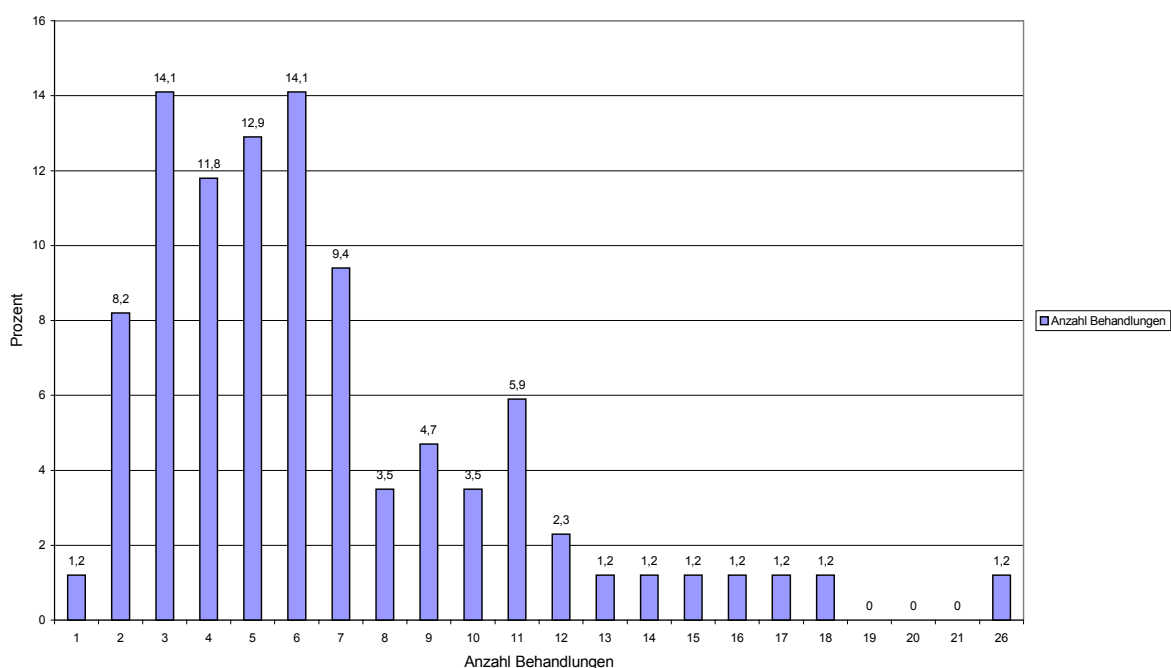


Abb. 31: Anzahl der Behandlungen (in Prozent) bei erfolgreichem Abschluss mit dem q-sw Nd:YAG

Während bei Patienten, die mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser behandelt wurden, also vor allem bei den Diagnosen Nävus flammeus und Hämangiome, in der Regel die Läsionen komplett behandelt wurden, waren bei den mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser behandelten Patienten, also vor allem Tätowierungen, oft großflächige Läsionen oder Läsionen an mehreren Stellen zu behandeln. Aufgrund der Ausdehnung der Fläche, des Zeitbedarfs sowie der Schmerzhaftigkeit der Prozedur und der anschließenden entzündlichen Reaktion wurden daher diese Läsionen meist nicht alle gleichzeitig oder komplett behandelt, sondern pro Termin nur eine Tätowierung oder eine Region therapiert. Bedingt durch die Problematik in der Dokumentation ließ sich nicht in allen Fällen differenzieren, welche dieser Stellen behandelt wurden, so dass die Gesamtzahl der Behandlungen in den **Abbildungen 30** und **31** allen durchgeführten Behandlungen entspricht. Bei einigen Patienten ergibt sich eine recht hohe Behandlungsanzahl. Alle betroffenen Patienten mit den entsprechenden Diagnosen sind **Tabelle 8** zu entnehmen. Von den 19 Patienten sind 11 solche mit multiplen Tätowierungen. Bei den übrigen handelt es sich um Nävus Ota (n=2), sowie je einmal eine Lentigo simplex, ein Nävus spilus und eine Schmutztätowierung. In 4 Fällen war eine einzelne Tätowierung behandelt worden. Hier handelte es sich um Profitätowierungen mit sehr intensiver dunkelblauer Farbe.

Tabelle 8: Patienten, die mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser 15 mal oder öfter behandelt wurden.

| Anz. Beh. | Status       | Diagnose               | Kommentar                             |
|-----------|--------------|------------------------|---------------------------------------|
| 27        | noch in Beh. | multiple Tätowierungen |                                       |
| 26        | Erfolg       | multiple Tätowierungen |                                       |
| 21        | noch in Beh. | 1 Tätowierung          | Stirnmitte                            |
| 21        | Abbruch      | multiple Tätowierungen | mehrfach „Aufhellung“ dokumentiert    |
| 20        | Abbruch      | multiple Tätowierungen | mehrfach „Aufhellung“ dokumentiert    |
| 19        | noch in Beh. | 1 Tätowierung          | Fläche 10x9 cm                        |
| 18        | Erfolg       | Nävus Ota              |                                       |
| 17        | kein Erfolg  | multiple Tätowierungen | Pat. nicht zufrieden trotz Aufhellung |
| 17        | noch in Beh. | multiple Tätowierungen |                                       |
| 17        | Erfolg       | Lentigo simplex        |                                       |
| 16        | Erfolg       | multiple Tätowierungen |                                       |
| 16        | Abbruch      | Nävus spilus           | Fläche 900                            |
| 16        | kein Erfolg  | multiple Tätowierungen |                                       |
| 16        | noch in Beh. | 1 Tätowierung          | Fläche 20                             |
| 15        | Erfolg       | multiple Tätowierungen |                                       |
| 15        | noch in Beh. | multiple Tätowierungen |                                       |
| 15        | Abbruch      | multiple Tätowierungen | mehrfach „Aufhellung“ dokumentiert    |
| 15        | noch in Beh. | 1 Schmutztätowierung   | Wange links                           |
| 15        | noch in Beh. | Nävus Ota              |                                       |

### 3.6 Behandlungsintervalle

Die meisten Intervalle bei Behandlung mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser lagen zwischen 41 und 70 Tagen (44,6%). Der Anteil an geringeren Abständen von unter 30 Tagen (16,1%) ist auf die Behandlung multipler oder großflächiger Dermatosen zurückzuführen, bei denen jeweils nur einzelne Läsionen oder betroffene Regionen in einer Sitzung behandelt wurden. Alle Behandlungsintervalle sind in **Abbildung 32** zu sehen.

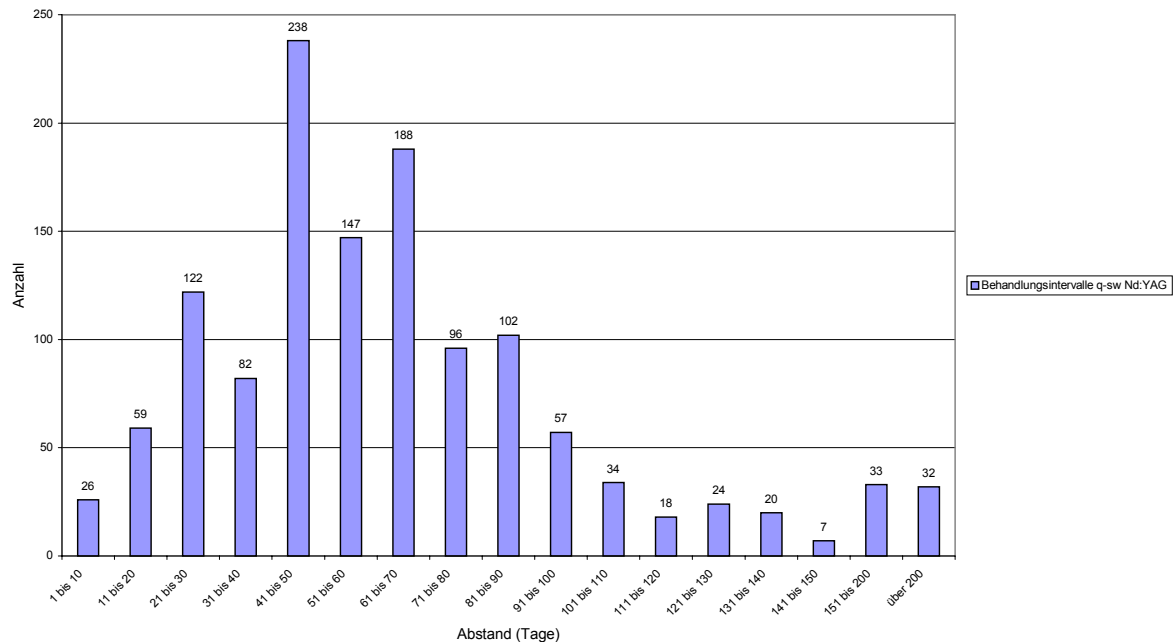


Abb. 32: Behandlungsintervalle bei Verwendung des q-sw Nd:YAG

### 3.7 Nebenwirkungen

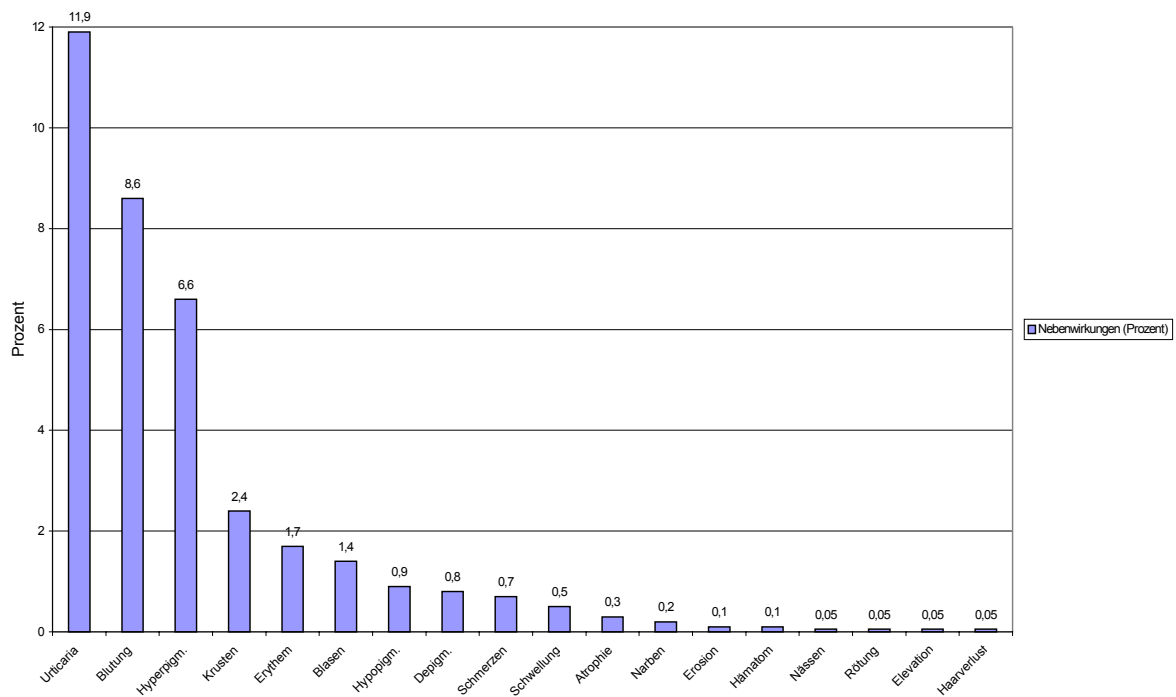


Abb. 33: Auftreten von Nebenwirkungen (in Prozent) bei Behandlung mit dem q-sw Nd:YAG



Das Spektrum der Nebenwirkungen unter Verwendung des gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers ist in **Abbildung 33** in abnehmender Reihenfolge zu sehen.

Die am häufigsten aufgetretene Nebenwirkung, Urticaria factitia, trat in 11,9 Prozent der Behandlungen auf. Außer Urticaria factitia, Blutungen und temporären Hyperpigmentierungen trat keine Nebenwirkung in mehr als 2,4 Prozent der Fälle auf. Die mit 0,2 oder weniger Prozent angegebenen Nebenwirkungen traten nur in Einzelfällen auf (0,05% entspricht n=1). Der in einem Fall in den behandelten Arealen aufgetretene Haarverlust wurde vom Behandler als fraglich eingestuft (Eintrag in der Karteikarte).

In 63,4 Prozent der Behandlungen traten laut Eintragungen in den Karteikarten keine Nebenwirkungen auf. Die Dauer der aufgetretenen Nebenwirkungen war in den meisten Fällen unter 2 Tagen.

Nach lediglich insgesamt 16 Sitzungen fand sich eine längere Dauer, und zwar:

3 bis 7 Tage – bei 9 Behandlungen,

2 bis 3 Wochen – bei 5 Behandlungen,

4 bis 5 Wochen – bei einer Behandlung,

8 Wochen – bei einer Behandlung.

Da bei der Behandlung regelhaft nach der Verträglichkeit gefragt wurde, kann davon ausgegangen werden, dass schwere Nebenwirkungen in jedem Fall vom Patienten geäußert wurden. Da zudem schwerere Nebenwirkungen von Patienten spontan geäußert wurden, sind die dokumentierten Nebenwirkungsraten als realistisch anzusehen.

Eine weitere interessante Betrachtung zeigt, dass bei 72,5 Prozent aller Behandlungen, in denen Nebenwirkungen aufgetreten sind, lediglich eine einzelne Nebenwirkung zu finden war. In 22,7 Prozent der Behandlungen mit Nebenwirkungen traten zwei, in den restlichen 4,8 Prozent traten drei Nebenwirkungen während bzw. nach einer einzelnen Behandlung auf.

Auch für den gütegeschalteten Nd:YAG-Laser wurden zusätzlich die pro Patient aufgetretenen Nebenwirkungen ermittelt. Denn in der Betrachtung der Nebenwirkungen pro Behandlung erfolgt keine Berücksichtigung der Häufigkeit des Auftretens einer bestimmten Nebenwirkung bei einer einzelnen Person. Auf eine zusätzliche Abbildung wurde verzichtet, da keine signifikanten Unterschiede vorlagen. Es fällt auf, dass die drei häufigsten Nebenwirkungen Urticaria factitia (27,7%), Blutungen (26,9%) und temporäre Hyperpigmentierungen (25,7%) bei fast gleich vielen Patienten auftraten (Prozent-Angaben in Klammern). Allerdings bedeutet dies auch, dass zum Beispiel Urticaria factitia bei 72,3 Prozent der Patienten gar nicht aufgetreten ist. Von 43 Prozent der Patienten wurde über keine Nebenwirkungen berichtet.

Da die verschiedenen Formen von Tätowierungen mit dem q-sw Nd:YAG in der vorliegenden Untersuchung am häufigsten behandelt wurden, sollen sie im Folgenden besonders betrachtet werden.

Die Bezeichnungen „Gesicht“ und „Arm“ sind auf die Größe der einzelnen Tätowierungen zurückzuführen, die eine weitere Differenzierung in Gesichtsregionen (z.B. Schwarzpulver-Versprengungen nach Schusswaffen-Unfall) bzw. Ober- und Unterarm (ausgedehnte Profitätowierung) nicht sinnvoll erscheinen ließ. Die Lokalisation „Arm“ ist mit gesamt 74,2 Prozent die beliebteste Region für das Tragen von (Schmuck-)Tätowierungen.

Erfolgreich abgeschlossene Behandlungen von Tätowierungen finden sich bei den in den **Abbildungen 35** und **36** zu sehenden Lokalisationen.

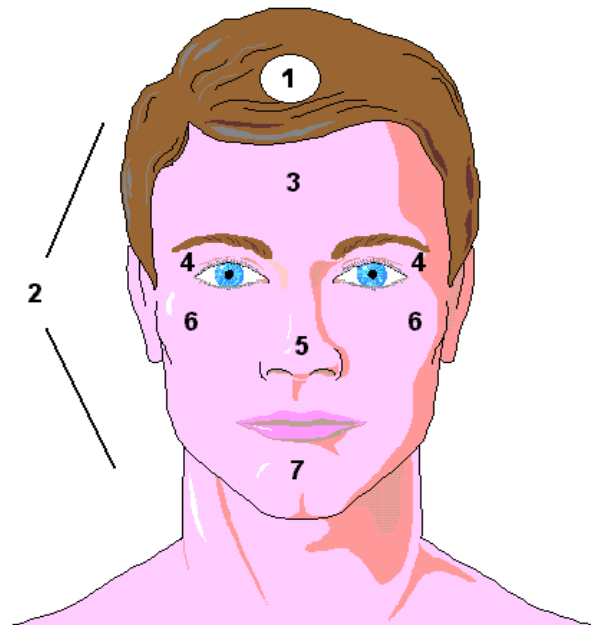


Abbildung 35: Lokalisation erfolgreich behandelter Tätowierungen im Kopf-/Gesichtsbereich  
(Legende siehe Tabelle 9)

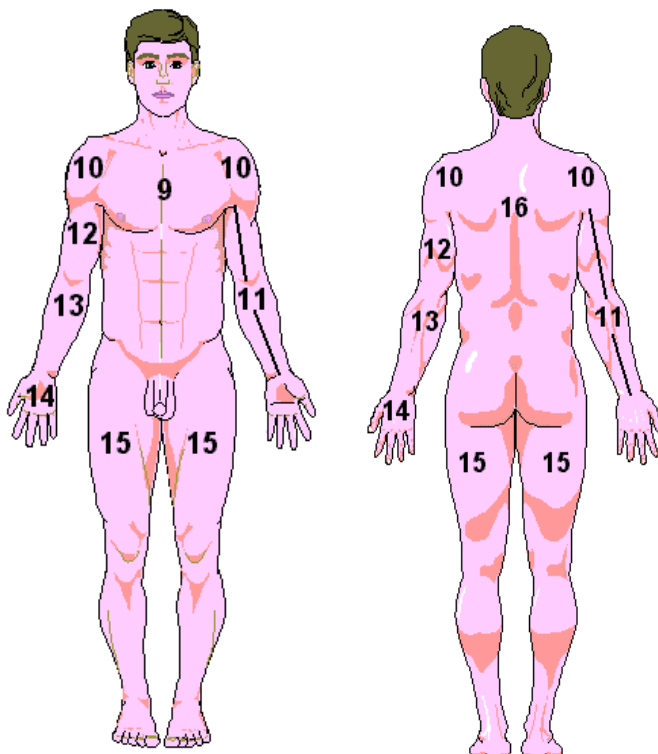


Abbildung 36: Lokalisation erfolgreich behandelter Tätowierungen in der Front- und Rückansicht (Legende siehe Tabelle 9)

Tabelle 9: Legende der Abbildungen 35 und 36, sowie der Anteil erfolgreich abgeschlossener Behandlungen von Tätowierungen

| Nummer | Lokalisation   | Anzahl Abschluss | Anzahl Erfolg | Prozent Erfolg |
|--------|----------------|------------------|---------------|----------------|
| 1      | Capillitium    | 1                | 1             | 100 %          |
| 2      | Gesicht        | 5                | 5             | 100 %          |
| 3      | Stirn          | 2                | 2             | 100 %          |
| 4      | Augenregion    | 3                | 3             | 100 %          |
| 5      | Nase           | 3                | 3             | 100 %          |
| 6      | Wange          | 3                | 3             | 100 %          |
| 7      | Kinn           | 3                | 3             | 100 %          |
| 8      | Temporalregion | 1                | 1             | 100%           |
| 9      | Thorax         | 3                | 2             | 66,7 %         |
| 10     | Schulter       | 3                | 2             | 66,7 %         |
| 11     | Arm            | 7                | 5             | 71,4 %         |
| 12     | Oberarm        | 20               | 11            | 55 %           |
| 13     | Unterarm       | 39               | 36            | 92,3 %         |
| 14     | Hand           | 15               | 14            | 93,3 %         |
| 15     | Oberschenkel   | 1                | 1             | 100 %          |
| 16     | Rücken         | 2                | 2             | 100 %          |

Nur bei insgesamt sechs Lokalisationen mussten Behandlungen ohne Erfolg abgeschlossen werden. Bei allen fand sich allerdings eine positive Verteilung zugunsten der erfolgreich abgeschlossenen Behandlungen. Die schlechteste Quote wies mit 55 Prozent Erfolgen die Lokalisation „Oberarm“ auf.

Die Verteilung erfolgreich abgeschlossener Behandlungen ist fast identisch mit derjenigen bei den Gesamtlokalisationen, allerdings konnte im Bereich Oralregion, Knie und Unterschenkel keine Behandlung erfolgreich abgeschlossen werden. Da auch hier für einige Patienten noch Sitzungen geplant sind, bleiben weitere Ergebnisse abzuwarten.

### 3.8.4 Dosis

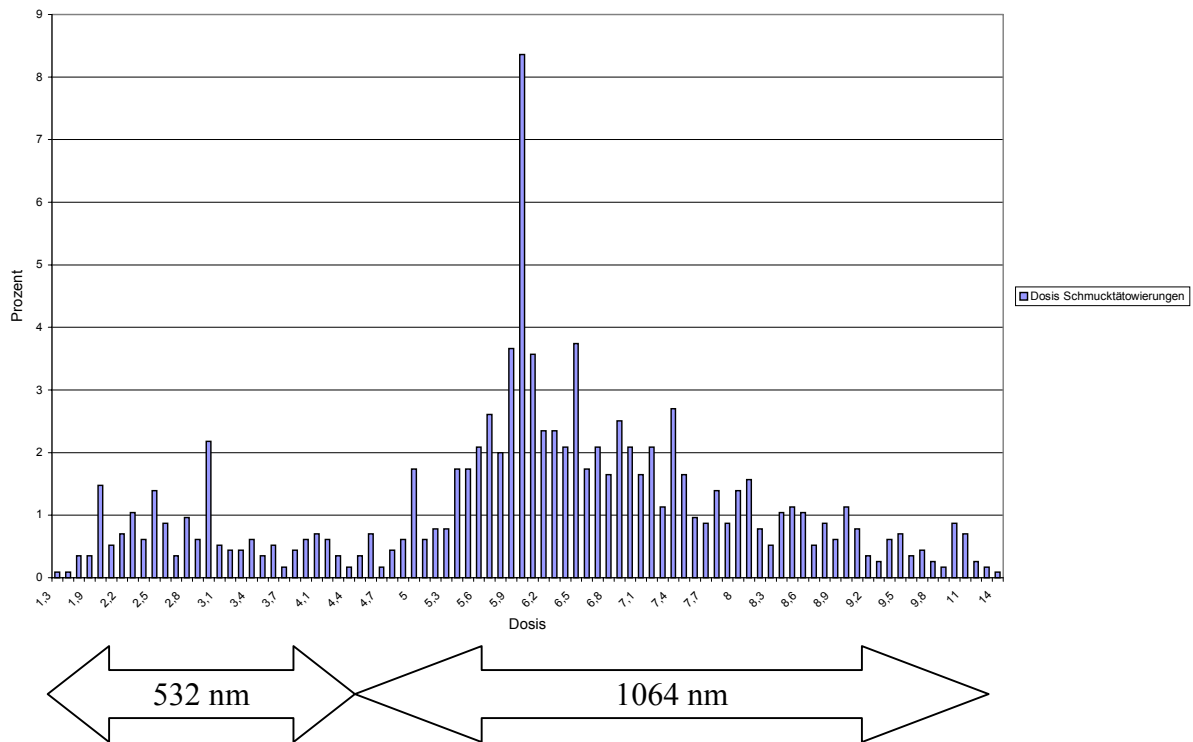


Abb. 37: Verwendete Dosen bei Behandlungen von Schmucktätowierungen mit dem q-sw Nd:YAG (in Prozent)

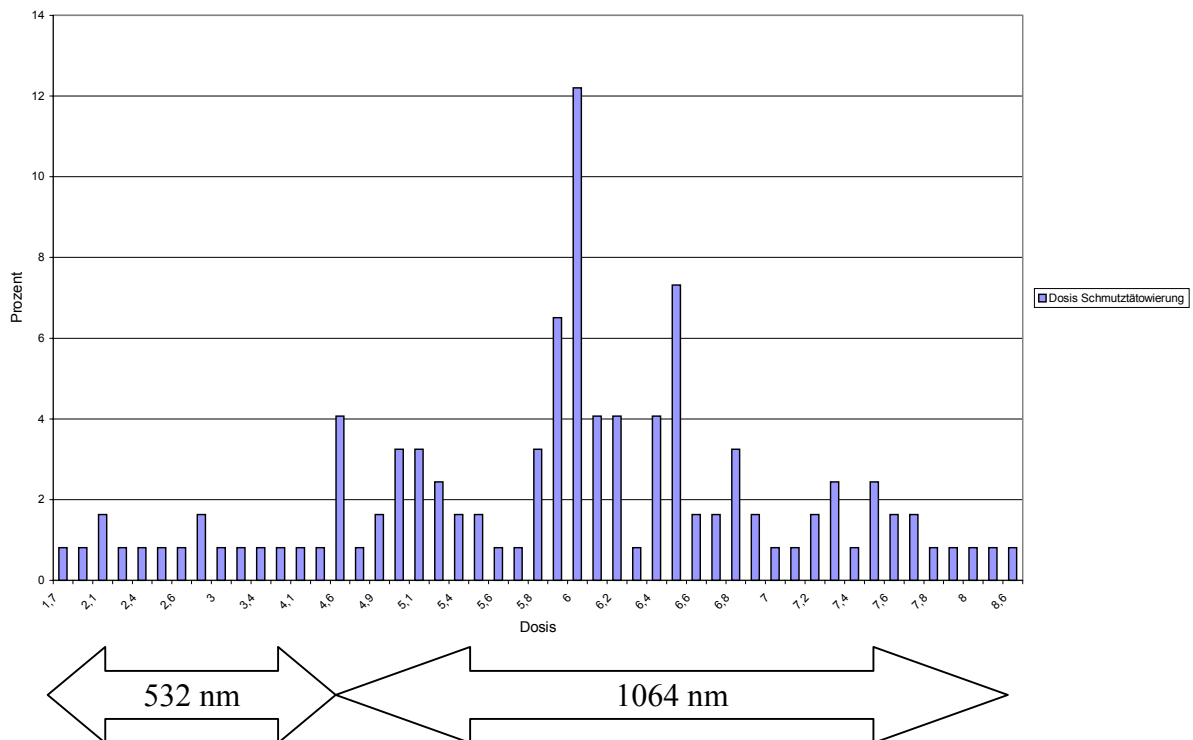


Abb. 38: Verwendete Dosen bei Behandlungen von Schmutztätowierung mit dem q-sw Nd:YAG (in Prozent)

Sowohl Schmuck- als auch Schmutztätowierungen wurden mit 532 nm (1,3 bis 4,6 J/cm<sup>2</sup>) und 1064 nm (4,6 bis 14 J/cm<sup>2</sup>) Wellenlänge behandelt (**Abbildungen 37** und **38**). Der Anteil im Grün-Modus (532 nm Wellenlänge) lag bei 18,2 Prozent (Schmucktätowierungen) bzw. 15 Prozent (Schmutztätowierungen). Dementsprechend lag der Anteil im Rot-Modus (1064 nm

Wellenlänge) bei 81,8 bzw. 85 Prozent. Das Maximum lag bei den Schmucktätowierungen mit 8,4 Prozent und bei den Schmutztätowierungen mit 12,2 Prozent jeweils bei einer Dosis von 6,0 J/cm<sup>2</sup>. Das größere Dosis-Spektrum von 1,3 bis 14 J/cm<sup>2</sup> bei den Schmucktätowierungen gegenüber 1,7 bis 8,6 J/cm<sup>2</sup> bei den Schmutztätowierungen ist auf die zum Teil sehr intensive Färbung bei Profitätowierungen zurückzuführen.

### 3.8.5 Anzahl der Behandlungen

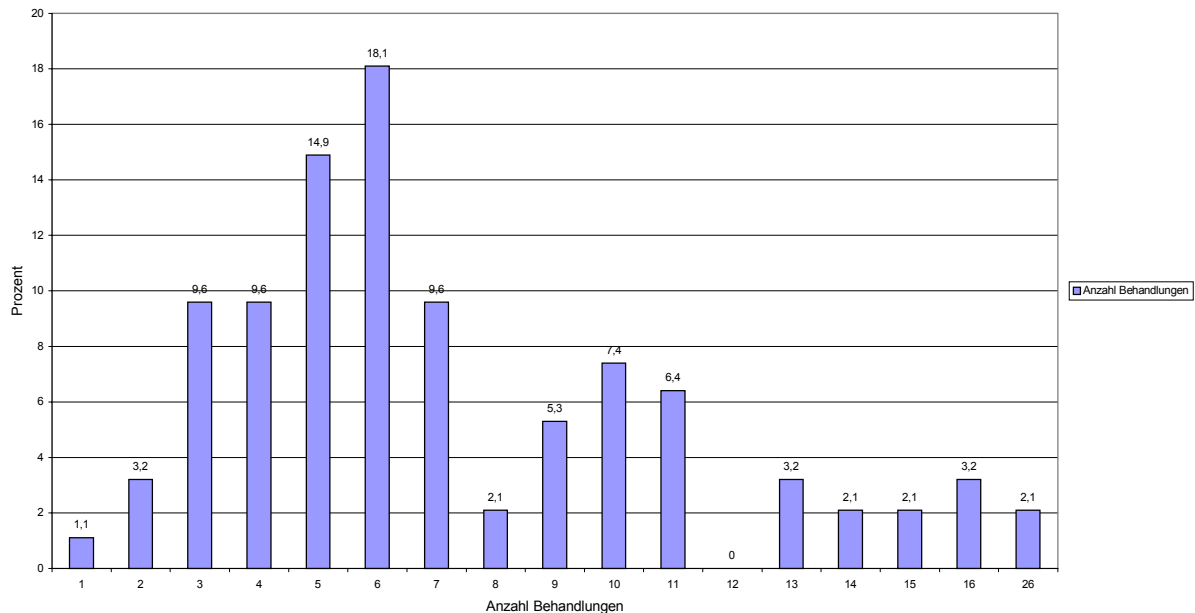


Abb. 39: Anzahl der Behandlungen bei erfolgreich abgeschlossener Behandlung von Tätowierungen mit dem q-sw Nd:YAG (in Prozent)

Eine erfolgreiche Behandlung von Tätowierungen war in 1 bis 26 Sitzungen möglich (**Abbildung 39**). Der hohe Anteil auch geringerer Sitzungsmengen ist auf die meist kleinflächigen Schmutztätowierungen zurückzuführen. Auch Laientätowierungen, z.B. auf den Fingerrücken, waren zum Teil von geringer Größe und aufgrund ihrer Beschaffenheit in wenigen Sitzungen erfolgreich zu beseitigen. Der Anteil größerer Tätowierungen sowie die Tatsache, dass bei Patienten häufig mehrere „Kunstwerke“ zu entfernen waren, zeigt sich in den Sitzungszahlen bis 26 Sitzungen. Allerdings waren nach bis zu 6 Sitzungen bereits 56,5 Prozent und nach bis zu 7 Sitzungen sogar 66,1 Prozent der erfolgreich abgeschlossenen Behandlungen beendet.

### 3.8.6 Behandlungsintervalle

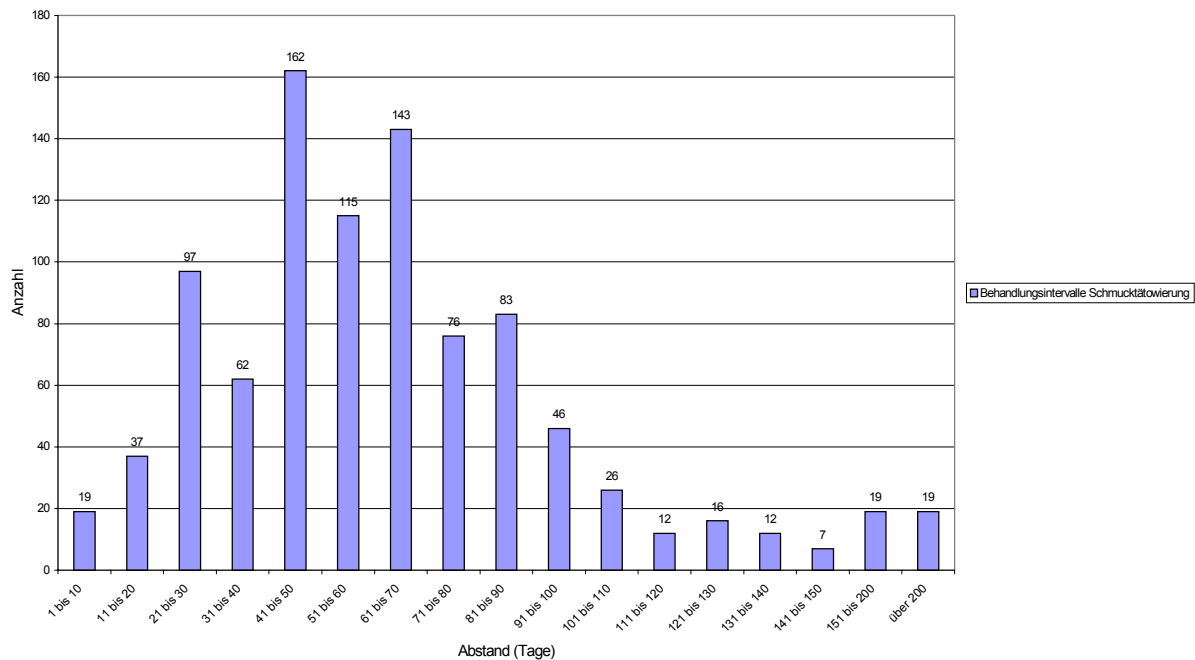


Abb. 40: Behandlungsintervalle bei Patienten mit Schmucktätowierungen unter Verwendung des q-sw Nd:YAG

Die Intervalle bei der Behandlung von Schmucktätowierungen liegen, wie **Abbildung 40** zeigt, in den meisten Fällen zwischen 21 und 70 Tagen (60,9 %). Der vergleichsweise hohe Anteil an geringen Behandlungsabständen ist darauf zurückzuführen, dass zum Teil nur einzelne Regionen der Tätowierungen behandelt wurden bzw. mehrere Tätowierungen bei einem einzelnen Patienten.

Die Behandlungsintervalle bei Schmutztätowierungen sind **Abbildung 41** zu entnehmen. Der größte Anteil Schmutztätowierungen wurde in Intervallen von 41 bis 50 Tagen (31%) behandelt. Der geringere Anteil kürzerer Intervalle ist darauf zurückzuführen, dass es sich bei Schmutztätowierungen in der Regel um vergleichsweise kleinflächige Läsionen handelte, die eine Behandlung unterschiedlicher Regionen nicht erlaubte.

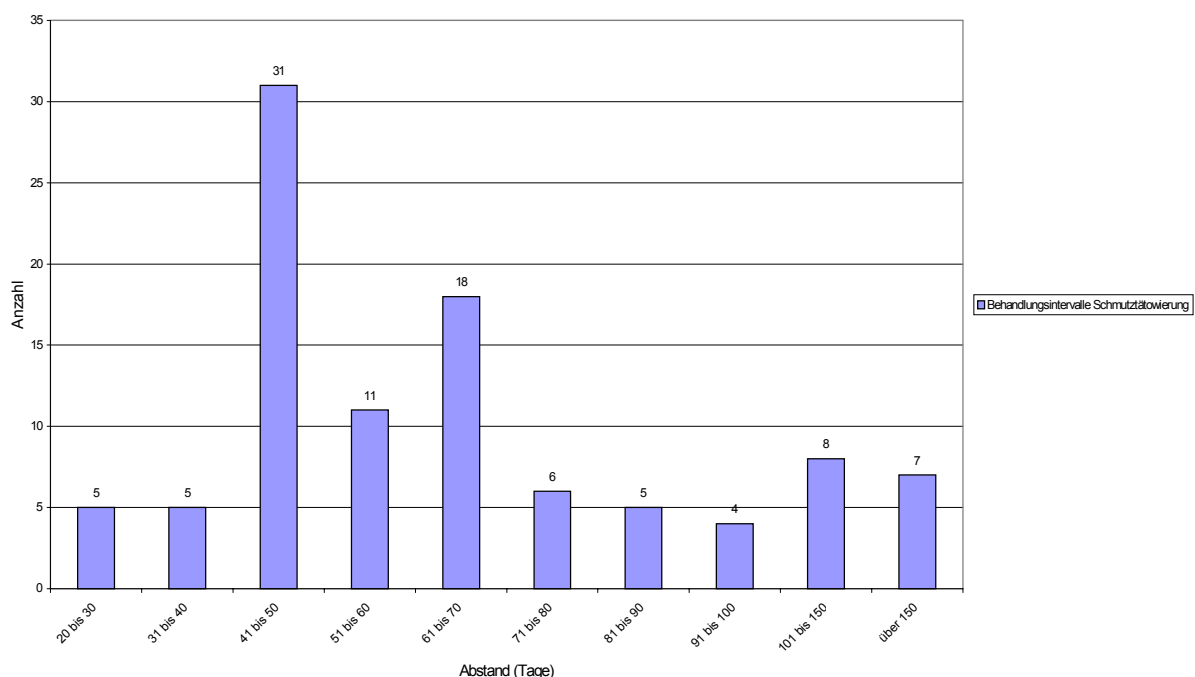


Abb. 41: Behandlungsintervalle bei Patienten mit Schmutztätowierungen unter Verwendung des q-sw Nd:YAG

## IV. DISKUSSION

### 1. Allgemein

Die Erstbeschreibung des theoretischen Vorgangs der Erzeugung einer Laserstrahlung erfolgte 1917 durch Albert Einstein in seiner Veröffentlichung „zur Quantentheorie der Strahlung“ (Einstein 1917).

Die erste Laser-ähnliche Apparatur, der „Maser“, entstand 1958 durch Schawlow und Townes. Das Akronym „Maser“ steht für microwave amplification by stimulated emission of radiation (Schawlow & Townes 1958). Der erste echte Laser wurde 1960 von Maiman entwickelt (Maiman 1960), es handelte sich um einen Rubin-Laser, der mit einer Wellenlänge von 694 nm arbeitete (Spicer & Goldberg 1996). Die ersten Ergebnisse mit einem Laser in der Dermatologie, ebenfalls ein Rubinlaser, wurden 1963 von Leon Goldman publiziert (Goldman et al. 1963a; Goldman et al. 1963b).

#### **1.1 Physikalische Grundlagen**

##### a) Definition:

Das Akronym „Laser“ bedeutet light amplification by stimulated emission of radiation, beschreibt also die Funktionsweise der Geräte, durch stimulierte Emission von Strahlung Lichtstrahlen mit bestimmten Eigenschaften zu generieren (siehe d).

##### b) Aufbau eines Lasers:

Die wesentlichen Bestandteile eines Lasers sind die Pumpquelle, der optische Resonator und das aktive Medium (Haina et al. 1981). Die Pumpquelle ist dabei die Energiequelle zur Anregung des Lasermediums, z.B. eine Blitzlampe (=Blitzlampen-gepumpt), eine elektrische, chemische oder nukleare Energiequelle oder ein anderer Laser (=Laser-gepumpt). Der optische Resonator besteht aus Spiegeln mit hohem Reflexionsvermögen (fast 100%), die dafür sorgen, dass ein Lichtquant mehrmals durch das aktive Medium laufen muss. Lediglich der Endspiegel ist teildurchlässig, so dass ein gewisser Teil des Lichts als gebündelter Laserstrahl entweichen kann. Bei einem einfachen Lasersystem sind es zwei Spiegel, beim Farbstofflaser jedoch fünf und mehr Spiegel. Das aktive Medium kann ein Festkörper, z.B. ein Rubinkristall, ein Farbstoff, beispielsweise die Farbstofflösung Rhodamine 6G, oder ein Gas, wie Argon, Krypton oder CO<sub>2</sub> sein. Dementsprechend erfolgt die Einteilung in Festkörperlaser, Farbstofflaser oder Gaslaser (Hellwig et al. 1998).

##### c) Funktionsweise:

Die Wirkungsweise eines Lasers beruht darauf, dass beim Durchtritt eines Lichtquants durch eine bestimmte Substanz („aktives Medium“) die Emission eines weiteren Lichtquants (=Photon) derselben Wellenlänge induziert wird, woraus eine Verstärkung resultiert. Durch dauernde Zufuhr von Energie von außen („Pumpquelle“) wird das Medium auf ein erhöhtes Energieniveau gepumpt, von dem die Elektronen unter Aussendung eines Photons wieder auf ihr Grundniveau zurückfallen, da alle Atome und Moleküle nach einem energetisch niedrigeren Zustand streben. Die dabei frei werdende Energie kann als Wärme oder eben auch in Form spontaner Lichtemission abgegeben werden. Der Vorgang kann durch den mehrfachen Durchgang von Photonen durch das Lasermedium noch erhöht werden. Dies geschieht durch die Anordnung der Spiegel im Laser (König 2001).

#### d) Eigenschaften des Laserlichts:

Bei normalem sichtbarem Licht, z.B. einer Glühlampe, werden nacheinander unabhängige Lichtquanten verschiedener Wellenlängen in alle Richtungen des Raums emittiert (=inkohärentes Licht). Im Gegensatz dazu ist das Laserlicht monochromatisch, also auf einen äußerst schmalen Wellenlängenbereich, meist eine einzelne Wellenlänge, begrenzt. Man kann es auch als einfarbig bezeichnen (=zeitliche Kohärenz). Außerdem sind die von einem Laser emittierten Lichtquanten nahezu parallel angeordnet (=räumliche Kohärenz), wodurch eine gute Fokussierung erreicht wird. Dies ermöglicht die effiziente Einkopplung eines Lasers in schmale Lichtleiter. Unter Kohärenz versteht man damit die Eigenschaft von Lichtquanten in Bündeln im gleichen Takt zu schwingen und sich in einem kontinuierlichen Wellenzug zu bewegen. Diese Eigenschaft spielt im Bereich der dermatologischen Therapie allerdings keine wesentliche Rolle. Eine wichtige Rolle spielt hingegen die Möglichkeit, mit einem Laserstrahl hochenergetische, ultrakurze Lichtpulse erzeugen zu können (König 2001; Mazer 2002).

### 1.2 Interaktionen von Laserlicht und Haut

Die Wirkung des Laserlichts in der Dermatologie wird durch die optischen Eigenschaften der Haut sowie die Wellenlänge des verwendeten Lasers bestimmt. Trifft ein Laserstrahl auf die Haut, sind folgende Vorgänge möglich:

- Remission des Lichtstrahls (mit Oberflächenreflexion),
- Transmission und
- Absorption.

Der Remissionsanteil ist jener Teil der Strahlung, der entweder an der Hautoberfläche oder in den oberen Hautschichten durch Streuung verloren geht. Transmittierte Photonen sind diejenigen, die sämtliche Hautschichten durchdringen. Letztere stellen allerdings nur einen äußerst geringen Anteil dar.

Die Absorption der Lichtquanten erfolgt durch exogene und endogene Chromophore und wird durch die Eigenschaften des Gewebes bestimmt, also näherungsweise durch die Absorptionsspektren von Wasser, Blut und Melanin, sowie durch die Wellenlänge des Laserlichts. Chromophore sind Atomgruppen, die einer Substanz ihre Farbe verleihen und Licht einer spezifischen Wellenlänge absorbieren (Spicer & Goldberg 1996). Im UV- und Infrarotbereich dominiert die Absorption das Strahlenverhalten in der Haut und bedingt Eindringtiefen im  $\mu\text{m}$ -Bereich, während zwischen 600 und 1200 nm die Streuung dominiert und Eindringtiefen im mm-Bereich erzielt werden. Die Eindringtiefe ist hierbei definiert als diejenige Gewebetiefe, bei der die Lichtintensität nur noch 37 Prozent der Ausgangsintensität beträgt (Haina et al. 1981).

### 1.3 Prinzip der selektiven Photothermolyse

Das Prinzip der selektiven Photothermolyse geht auf die Autoren Anderson und Parrish zurück, die 1983 mit ihrem Artikel „Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation“ (=präzise Mikrochirurgie durch selektive Absorption gepulster Strahlung) erstmals die selektive Zerstörung von Pigment-Strukturen, Zellen oder Zellorganellen durch einen gepulsten Laser beschrieben. Selektive Thermolyse bedeutet somit die thermisch bedingte Zerstörung kleinster Zielstrukturen im Gewebe durch selektive Absorption einer Laserbestrahlung (Anderson & Parrish 1981; Anderson & Parrish 1983).

Voraussetzungen für ein Erreichen dieser Wirkung sind zum einen eine spezielle Wellenlänge, die bevorzugt von der jeweiligen Zielstruktur (=Target) absorbiert wird, weiter eine genügend hohe Energie, um eine thermische Schädigung des Targets zu erreichen und außerdem eine Impulsdauer, die möglichst kürzer ist als die Zeit, welche die Zielstruktur nach dem Laserimpuls zur Abkühlung benötigt. Ein Messwert hierfür ist die thermische



Relaxationszeit (=thermal relaxation time, TRT), also diejenige Zeitspanne, in der die Hälfte der von der Zielstruktur absorbierten Wärmeenergie in das umgebende Gewebe abfließt. Die thermische Relaxationszeit ist von etlichen Faktoren abhängig, im wesentlichen aber vom Durchmesser der Zielstruktur (Spicer & Goldberg 1996). Es gilt: Je größer der Durchmesser der Zielstruktur, desto größer ist auch die thermische Relaxationszeit. Die TRT verändert sich hierbei direkt mit dem Quadrat des Durchmessers der Zielstruktur (Goldman & Fitzpatrick 1994). Liegt die Impulsdauer des Lasers unter der thermischen Relaxationszeit, wird eine dauerhafte Schädigung des umliegenden Gewebes vermieden (Hellwig et al. 1997).

#### **1.4 Wirkprinzip des blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflasers (FPDL)**

Der blitzlampen-gepumpte gepulste Farbstofflaser (FPDL) arbeitet nach dem oben beschriebenen Prinzip der selektiven Photothermolyse. Zielstruktur (Target) ist hierbei das Hämoglobin. Obwohl dieses eine ausgeprägte Absorptionsbande im violetten Spektralbereich besitzt (um 410 nm, „Soretbande“), erfolgt hier keine Behandlung wegen der geringen Eindringtiefe eines Lichtstrahls mit dieser Wellenlänge. Da die Eindringtiefe zumindest im sichtbaren Spektralbereich mit zunehmender Wellenlänge zunimmt, ist man auch von den ursprünglich präferierten 577 nm auf einen Bereich von 585 nm bis 595 nm ausgewichen, obwohl bei 577 nm ein Absorptionsmaximum von oxygeniertem Hämoglobin liegt. Außerdem reduziert die größere Wellenlänge von 585 nm die Absorption des Laserlichts durch Melanin gegenüber der Wellenlänge von 577 nm. Daraus folgt eine Maximierung der Absorption durch Oxyhämoglobin und die Melanin-Zerstörung wird minimiert. Dadurch wird das Risiko von posttherapeutischen Hypopigmentierungen reduziert (Spicer & Goldberg 1996). Bis zum heutigen Tag wurden die Wellenlängen bis auf 600 nm oder sogar darüber erweitert (Hohenleutner et al. 1998b; Bencini 1999). Heute geht man davon aus, dass die Absorption bei 577 nm so hoch ist, dass nur der dem einfallenden Laserimpuls zugewandte Teil des Blutgefäßes erhitzt wird, während die gegenüberliegende Seite nur gering erwärmt wird und unter der Koagulationstemperatur bleibt. Dem gegenüber ergibt der Einsatz einer Wellenlänge zwischen 585 nm und 595 nm eine über den gesamten Querschnitt des Blutgefäßes gleichmäßige und zur Koagulation ausreichend hohe Temperaturerhöhung, während zugleich die vor dem Blutgefäß liegenden Hautbezirke deutlich weniger erwärmt werden als bei 577 nm (Dierickx et al. 1995a; Mazer 2002). Der blitzlampen-gepumpte gepulste Farbstofflaser der Firma Vasognost mit dem Farbstoff Rhodamin ist auf 588 nm eingestellt. Rhodamine zählen zu den Xanthenfarbstoffen, ziemlich lichtechte Triphenylmethan-Farbstoffe, die mit Wasser rötliche bis rote fluoreszierende Farben ergeben (Gudemann 2001; Mortimer 2001; Costela et al. 2002).

Zur selektiven Koagulation von Blutgefäßen werden die Lichtimpulse des gepulsten Farbstofflasers über eine Quarzglasfaser vom Lasersystem zum Handstück übertragen und dort über eine Abbildungsoptik auf die Hautoberfläche gerichtet. Je nach gewähltem Handstück kann der Fleckdurchmesser zwischen 3 mm und 8 mm variiert werden. Ein ausgelöster Laserimpuls dringt über die Hautoberfläche in die Haut ein. Die maximale Eindringtiefe hierbei liegt bei einer Wellenlänge des Lasers von 585 nm bei 1,16 mm (Fiskerstrand et al. 1996b) bzw. 1,2 mm (Tan et al. 1990) bis 1,5 mm (Tan et al. 1989a), also je nach Körperregion bis in den Bereich des subkutanen Fettgewebes. Die damit verbundene Tiefe, in der dermale Gefäße noch in ausreichendem Umfang erhitzt werden können, so dass es zu einer Gefäßwandschädigung kommt, wird mit maximal 0,65 mm (Hohenleutner et al. 1995b) angegeben. Die maximale Eindringtiefe bei einer Wellenlänge von 577 nm soll hingegen nur bei 0,5 mm (Tan et al. 1989a; Taieb et al. 1994) bis 0,72 mm (Fiskerstrand et al. 1996b) liegen. Der Laserimpuls wird in den dort befindlichen Blutgefäßen vom Hämoglobin der Erythrozyten absorbiert. Dies führt unmittelbar zu einer Temperaturerhöhung. Kann die Laserstrahlung tief genug in das Blutgefäß eindringen und dabei zu einer Temperatur über ca.

70 °C führen, wird dieses über den vollen Querschnitt koaguliert. Daneben kommt es auch zur Gefäßzerreißung, die an dem sich bildenden Hämatom sichtbar wird (Hellwig et al. 1998).

Während die am häufigsten benutzten gepulsten Farbstofflaser eine Impulsdauer von bis zu 450 µs aufweisen (z.B. Modelle SPTL-1a und SPTL-1b der Firma Candela Cooperation, Wayland, Massachusetts, USA; Modell Photo Genica V der Firma Cynosure, Inc., Bedford, Massachusetts, USA), arbeitet der gepulste Farbstofflaser der Firma Vasognost (heute: „Wavelength“) mit einer umschaltbaren Impulsdauer von 200 µs oder 300 µs. Das Schmerzempfinden bei Behandlung mit diesen Impulsdauern gilt als stark herabgesetzt (200 µs) bzw. herabgesetzt (300 µs) (Handbuch „Vasognost“). Ein direkter Vergleich zu einem Laser mit einer Pulsbreite 450 µs erfolgte nicht. Einzelne Patienten, die auswärts mit einem derartigen Gerät vorbehandelt worden waren, gaben aber weder spontan noch auf Nachfragen an, einen bedeutsamen Unterschied zwischen den verschiedenen Geräten verspürt zu haben. Insofern ist eine abschließende Bewertung aus der vorliegenden Untersuchung nicht möglich.

### **1.5 Wirkprinzip des gütegeschalteten („Quality-Switched“) Neodym:YAG-Lasers (q-sw Nd:YAG)**

Der gütegeschaltete Neodymium:Yttrium-Aluminium-Granat-Laser verfügt über zwei Wellenlängen. Die ursprüngliche Wellenlänge von 1064 nm liegt im infraroten Bereich (=Rot-Modus) und kann durch Zuschalten eines frequenzverdoppelnden Kristalls (Oberwellengenerator), der die Wellenlänge auf 532 nm halbiert, auf diese Wellenlänge umgeschaltet werden und liegt dann als grünes Licht im sichtbaren Wellenlängenspektrum vor (=Grün-Modus). Im Grün-Modus ist der Steuerspiegel aus dem Strahlengang zurückgezogen, das 1064 nm-Licht passiert durch den Oberwellengenerator und wird in grünes Licht mit einer Wellenlänge von 532 nm umgewandelt.

Die Pulsbreite oder –dauer beträgt bei dem gütegeschalteten Neodym:YAG-MedLite Dermatologie-Laser der Firma Continuum Biomedical (Livermore, Kalifornien, USA) 5 bis 10 ns und arbeitet mit einem „Güte-Schalter“ (Pockels-Zelle). Ohne Güte-Schalter würde das Licht in Form eines Pulses emittiert, der dem momentanen Profil des Blitzlampenpulses (der Laser ist Blitzlampen-gepumpt) entsprechen würde. Durch einen kurzen Spannungspuls am Güte-Schalter öffnet sich der Resonator plötzlich und lässt den Lichtpuls in einer Zeitlänge austreten, die der Zeit entspricht, die es dauert, um einige Male im Resonator hin- und herzulaufen. Der so entstehende Puls ist 5 bis 10 ns lang und sehr intensiv. Die Pulswiederholungsrate des Geräts kann auf 1, 2, 5 oder 10 Pulse pro Sekunde oder als „Einzelimpuls“ eingestellt werden (Handbuch „MedLite Dermatologie-Laser“).

Der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser arbeitet nach dem oben beschriebenen Prinzip der selektiven Photothermolyse. Primäre Zielstrukturen sind pigmenthaltige Zellen (Melanosomen, melanintragende Zellen) sowie Farb- und Schmutzpartikel bzw. deren intrazelluläre Ansammlungen in Epidermis und Dermis (Kilmer 2002). Das Licht des frequenzverdoppelten gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers wird zusätzlich von roten und orangefarbenen Tätowierungsfarbstoffen absorbiert. Es kommt hierbei zu einer selektiven und schnellen Aufheizung (> 1000°C) absorbierender Zielstrukturen, die dann durch sogenannte Schockwellen und schnelle thermische Expansion ihre Integrität verlieren (Spicer & Goldberg 1996). Die Aufhellung der pigmentierten Hautveränderungen bzw. der Tätowierungen erfolgt über zwei Wege. Zum einen können die freigesetzten, zum Teil fragmentierten Partikel im Rahmen einer nachfolgenden Entzündungsreaktion leichter phagozytiert und über Lymphbahnen abtransportiert werden, zum anderen führt die Auflösung einer großen Anzahl melanosomenreicher Keratinozyten zu einer epidermalen Nekrose, die klinisch als Krustenbildung imponiert und durch die ebenfalls Pigmente abgestoßen werden (Ferguson et al. 1995). Die oberflächlichsten Pigmente, die der höchsten Energie ausgesetzt sind, werden durch die entstehende Hitze in den Gaszustand überführt und gehen in den Intrazellularraum über.

Erklärbar ist dadurch auch die weißliche Verfärbung der behandelten Areale nach Behandlung mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser, da eine Anreicherung von Gas im Gewebe zu einer Änderung des Brechungsindex der Haut führt. Der veränderte Brechungsindex fragmentierter Partikel bzw. durch Lasertherapie chemisch alterierter Fremdpigmente ist auch dafür verantwortlich, dass eine Tätowierung bzw. pigmentierte Hautveränderung weniger sichtbar bzw. aufgehellt wird (Tse et al. 1994; Kilmer & Garden 2000).

## **1.6 Durchführung der Behandlung**

Bei jedem Patienten wurde nach erfolgter Aufklärung zunächst eine Probebehandlung durchgeführt und die definitive großflächige Behandlung erst nach einer entsprechenden klinischen Kontrolle und dem Ausschluss von unerwünschten Wirkungen fortgeführt. Da die Probebehandlungen nur Areale von maximal etwa einem Quadratzentimeter umfassten (6 bis 10 Impulse für den FPD), wurden bei Probebehandlungen von Kleinkindern diese hierzu von einer erziehungsberechtigten Begleitperson kurz festgehalten und die Behandlung dann durchgeführt.

Die Patienten wurden in aller Regel (über 90 Prozent) ohne örtliche Betäubung oder jegliche Vorbehandlung therapiert. Lediglich bei Patienten und in Arealen mit verstärktem Haarwuchs wurden die Patienten gebeten, die Haare vorher zu entfernen (Rasur). Im Zweifelsfall erfolgte die Rasur unmittelbar vor der Behandlung vor Ort. Die Behandlung selbst wurde mit den im Teil „Ergebnisse“ angegebenen Energiedichten durchgeführt. Die Behandlung erfolgte jeweils unter Aufsicht eines Oberarztes. Sie wurde entweder durch den Oberarzt selbst oder durch speziell in die Laser-Sprechstunde eingeteilte Assistenzärzte durchgeführt. Bei großflächigem Befall wurden die Behandlungen jeweils unterbrochen und die Haut teilweise mit Wasser gekühlt. In aller Regel konnte die Behandlung dann aber zu Ende geführt werden.

Zur Nachbehandlung erhielten die Patienten unmittelbar nach der Behandlung eine kortikosteroid-antiseptischhaltige Creme (Locacorten-Vioform Creme® oder Fucidine Plus Creme®). Die Patienten erhielten zudem ein Rezept über eine dieser Cremes und wurden angehalten, diese die nächsten drei Tage zweimal täglich aufzutragen. Da diese Behandlung regelhaft erfolgte und bei allen Patienten gleich war, wurden hier keine näheren Auswertungen vorgenommen.

Bei Behandlung von Kleinkindern oder schmerzsensitiven Patienten erfolgte eine Vorbehandlung mit EMLA-Creme 5%® (Eutectic Mixture of Local Anesthetics; Firma ASTRA Pharmaceuticals, Södertälje, Schweden). Es handelt sich hierbei um ein Präparat bestehend aus Lidocain (2,5%) und Prilocain (2,5%), eingelagert in einer Öl-Wasser-Emulsion. In der Regel wurde die Creme circa eine bis anderthalb Stunden vor Durchführung der Behandlung (bei Kleinkindern durch die Eltern) aufgetragen, um den maximalen Effekt zu erzielen. Die Creme wurde unter Folie nach dem Auftragen belassen, bis diese direkt vor der Behandlung entfernt wurde. EMLA-Creme sollte nicht bei Kleinkindern jünger als einen Monat und nicht bei Patienten mit Methämoglobinämie eingesetzt werden. Der Einsatz von EMLA-Creme wird von etlichen Autoren (Ashinoff & Geronemus 1990; Tan & Stafford 1992; Sherwood 1993; Steward 1993) wie von uns positiv bewertet. Auch wenn keine komplette Anästhesie zu erreichen war, da offensichtlich die Wärmerezeptoren nicht komplett anästhesiert werden konnten, waren bei den derart vorbehandelten Kindern die Behandlungen wesentlich einfacher durchführbar als ohne EMLA-Creme.

Vor allem bei Nävi flammei im Kleinkindesalter wurde nach einer ambulant ohne Betäubung oder unter EMLA-Creme durchgeführten Probetherapie eine großflächige Behandlung in Vollnarkose durchgeführt.

## 1.7 Beurteilungskriterien

Zur Beurteilung eines Behandlungsergebnisses sind drei Möglichkeiten denkbar. Entweder es gibt kein Ansprechen der Behandlung und eine Weiterbehandlung ist sinnlos. Oder es gibt ein Ansprechen der Behandlung mit dem Laser bis zu einem bestimmten Punkt und anschließend keine weitere Besserung. Als dritte Möglichkeit kommt die Abheilung der behandelten Läsion in Frage (=Restitutio ad integrum).

Im ersten Fall kann davon ausgegangen werden, dass es nach maximal 2 Behandlungen zum Therapieende kommt, entweder weil der Patient nicht mehr zu einer weiteren Behandlung erscheint oder weil der Behandler keine weitere Sitzung mehr als sinnvoll erachtet.

Im zweiten Fall wird allgemein eine deutliche Aufhellung oder Verbesserung erzielt, in der Regel von mehr als 50 Prozent.

Die Studie spiegelt die Situation des klinischen Alltags wider. Hier werden Behandlungen zunächst qualitativ beurteilt, ob eine Verbesserung des Erscheinungsbildes möglich ist; das heißt eine Aufhellung des behandelten Areals im Vergleich zur nicht behandelten Umgebung. Wenn keine derartigen Effekte nach ein bis zwei Behandlungen zu erkennen waren, wurde von einer weiteren Behandlung Abstand genommen. Die Therapie wurde als nicht erfolgreich beurteilt und von einer weiteren Behandlung abgeraten. Wurde dagegen in diesen zuerst behandelten Arealen eine Aufhellung gesehen, wurden weitere Behandlungen durchgeführt. Die Behandlungen erfolgten jeweils so lange, bis sich beim Behandler oder dem Patienten der Eindruck festigte, dass zwischen der letzten Behandlung und dem aktuellen Hautzustand kein Unterschied mehr erzielt werden konnte. Diese Aufhellungsgrade wurden nicht mit Hilfe von technischen Messverfahren objektiviert, sondern qualitativ durch die persönliche Beurteilung von Untersucher oder Patient, teilweise unter Hinzuziehen der Ausgangsfotos, getroffen. Die Besserungen, die sich bei diesem Vorgehen erzielen ließen, lagen zwischen 50 und 75 Prozent, zum Teil auch darüber. Patienten waren in der Regel dann mit dem Ergebnis zufrieden, wenn sie den Restbefund mit einer einfachen, etwas getönten Tagescreme abdecken konnten.

Unser Vorgehen bezüglich der Beurteilung der Qualität von Hautläsionen findet gute Übereinstimmung in der Literatur. Pérez und Mitarbeiter (1997) untersuchten die Übereinstimmung mehrerer Dermatologen bezüglich der Beurteilung der Farbe von Feuermalen vor und nach Laserbehandlung. Sechs Dermatologen klassifizierten die initiale Farbe von Feuermalen bei 80 Patienten. Drei von ihnen beurteilten zusätzlich die Qualität der Aufhellung nach der Behandlung mit dem FPD. Das Ergebnis war, dass die unterschiedlichen Untersucher vergleichbare Resultate und damit Übereinstimmung erzielten. Die subjektive Beurteilung der Farbe einer Läsion durch den Behandler ist die am häufigsten verwendete Methode bezüglich dieser Fragestellung, da andere Methoden in der Regel im klinischen Alltag nicht praktikabel sind (Pérez et al. 1997). Andere Autoren geben außerdem die Übereinstimmung zwischen der visuellen Beurteilung und objektivierbarer technischer Methoden, wie photoelektrische Colorimetrie (=Farbenmessung) oder Reflektanz-Spektrophotometrie an (Neumann et al. 1991; Troilius & Ljunggren 1995). Deshalb erlaubt der hier gewählte Ansatz durchaus qualitative Aussagen zum Behandlungserfolg. Er entspricht den klinischen Beurteilungskriterien und ist für die prognostische Beratung von Patienten hinsichtlich der Wirkungen und Nebenwirkungen der einzelnen Laser geeignet.

## **2. Blitzlampen-gepumpter gepulster Farbstofflaser (FPDL)**

### **2.1 Indikationen und Ansprechraten (Ergebnisse)**

#### **A. Indikationen allgemein**

##### **A.1 Literatur**

Aufgrund der Absorptionseigenschaften wird der Laserstrahl eines FPDL von Hämoglobin absorbiert. Zielstrukturen sind daher alle hämoglobinhaltigen Strukturen. Entsprechend gliedern sich die mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser behandelten Diagnosen analog **Tabelle 1** in Angiektasien, Gefäßvermehrungen, Erkrankungen, Narben, Virusakanthome und Sonstige. In der Literatur werden am häufigsten Nävi flammei, Teleangiektasien und Hämangiome besprochen. Alle Indikationen für den FPDL, die sich in der Literatur finden, sind in **Tabelle 10** zusammengefasst und den von uns behandelten Diagnosen gegenübergestellt.

Tabelle 10: Indikationen für den FPDL in der Literatur und in unserem Patientengut

| Diagnosen              |  | Autoren |    |     |    |   |    |     |
|------------------------|--|---------|----|-----|----|---|----|-----|
| Gruppe                 | Diagnosen                                | I       | II | III | IV | V | VI | VII |
| Angiektasien           | 1. Teleangiektasien                      | x       | x  | x   | x  | x | x  | x   |
|                        | 2. Besenreiservarikose                   | x       | x  | x   | x  | x |    |     |
|                        | 3. Erythem                               | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | 4. Erythrosis interfollicularis (colli)  | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | 5. Nävus araneus (Spidernävus)           | x       | x  |     | x  | x | x  | x   |
|                        | 6. Nävus flammeus                        | x       | x  | x   | x  | x | x  | x   |
|                        | 7. Nävus mixtus                          | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | 8. Nävus teleangiectaticus               | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | 9. Vasomotorische Dysregulation          | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | 10. Venektasie                           | x       |    |     |    |   |    |     |
| Gefäß-<br>Vermehrungen | 1. Adenoma sebaceum (=Angiofibrom)       | x       | x  |     | x  | x |    |     |
|                        | 2. Angiokeratom                          | x       | x  |     |    |   |    |     |
|                        | 3. Angiom                                | x       | x  |     |    | x |    |     |
|                        | 4. Granuloma pyogenicum                  | x       | x  |     |    |   | x  |     |
|                        | 5. Hämangiom                             | x       | x  | x   | x  | x | x  | x   |
|                        | andere Autoren 6. Venöse Malformationen  |         | x  |     |    |   |    |     |
|                        | andere Autoren 7. Kaposi-Sarkom          |         |    |     | x  | x |    |     |
| Erkrankungen           | 1. Angioma serpiginosum                  | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | 2. Lupus erythematodes                   | x       |    |     | x  | x |    |     |
|                        | 3. Lupus erythematodes verrucosus        | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | 4. Mastocytose                           | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | 5. Rosazea                               | x       | x  |     | x  | x |    |     |
|                        | 6. Ulerythema ophryogenes                | x       |    |     |    |   |    |     |
| Narben                 | 1. Cicatrix                              | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | 2. Hypertrophe Narbe                     | x       |    |     |    |   | x  |     |
|                        | 3. Keloid                                | x       |    |     | x  | x |    |     |
| Virusakanthome         | 1. Virusakanthome (Verrucae vulgares)    | x       | x  |     |    | x |    |     |
|                        | andere Autoren 2. Molluscum contagiosum  |         | x  |     |    |   |    |     |
| Sonstige               | 1. Atrophoderma vermiculata              | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | 2. Hypertrichose                         | x       |    |     |    |   |    |     |
|                        | andere Autoren 3. Talgdrüsenhyperplasien |         | x  |     |    |   |    |     |
|                        | andere Autoren 4. Xanthelasma            |         | x  | x   | x  | x |    |     |
|                        | andere Autoren 5. Poikilodermie          |         |    | x   |    |   |    | x   |

Tabelle 11: Legende zu Tabelle 10

|            |   |
|------------|---|
| <b>I</b>   | Aktuelle Untersuchung 2003                    |
| <b>II</b>  | Raulin & Greve; Schattauer 2001               |
| <b>III</b> | Mang & Sawatzki; MundKieferGesichtsChir. 1999 |
| <b>IV</b>  | Hellwig et al.; Hautarzt 1998                 |
| <b>V</b>   | Hellwig et al.; Hautarzt 1997                 |
| <b>VI</b>  | Spicer & Goldberg; Dermatology 1996           |
| <b>VII</b> | Hruza et al.; Arch Dermatol. 1993             |

## A.2 Eigene Daten

Die von uns mit dem FPD-L behandelten Diagnosen sind in den **Tabellen 1** und **10** zu sehen. Es fällt auf, dass einige der Indikationen, zum Beispiel Erythrosis interfollicularis oder Atrophoderma vermiculata, nur hier behandelt wurden und sich nicht in der Literatur finden. Andere Indikationen, zum Beispiel Xanthelasmen oder Kaposi-Sarkome, werden zwar in der Literatur besprochen, von uns aber nicht behandelt. Dies liegt bei Xanthelasmen an geeigneteren Alternativverfahren, wie dem Erbium:YAG-Laser (Kaufmann & Hibst 1996b), bei Kaposi-Sarkomen an der Tatsache, dass man inzwischen weiß, dass der gepulste Farbstofflaser nicht in der Lage ist, tiefere Anteile suffizient zu behandeln und Rezidive daher vorprogrammiert sind (Tappero et al. 1992; Marchell & Alster 1997).

## B. Indikationen speziell

### B.1 Angiektasien

Angiektasien sind Erweiterungen von Blutgefäßen, von denen sich in der Literatur vor allem Teleangiektasien und Nävus flammeus als primäre mit dem FPD-L behandelte Diagnosen wiederfinden (Spicer & Goldberg 1996; Mang & Sawatzki 1999 u.a.). Auch in unserem Patientengut sind Nävi flammei, eine nävoide Gefäßfehlbildung aus dilatierten Kapillaren ohne Gefäßwandproliferation, mit 51,9 Prozent am häufigsten vertreten (siehe **Tabelle 3** und **Abbildung 5**). Teleangiektasien stehen zwar an dritter Stelle, machen aber insgesamt nur 6,7 Prozent der eigenen Indikationen aus (**Tabelle 3**). Teleangiektasien sind angeborene oder erworbene irreversible, klinisch sichtbare Dilatationen von Hautkapillaren und/oder postkapillären Venolen. Wir konnten in über 70 Prozent der Behandlungen einen Erfolg erzielen. Damit decken sich unsere Ergebnisse mit denen in der Literatur (Ruiz-Esparza et al. 1993; Broska et al. 1994; Scheepers & Quaba 1994; Stratigos et al. 2003). Allerdings wird von anderen Autoren berichtet (Wlotzke et al. 1995), dass die Behandlung von Teleangiektasien im Gesicht von den behandelten Patienten nicht toleriert wurde. In der genannten Studie lehnten 80 Prozent der Patienten eine Weiterbehandlung nach der Probebehandlung mit dem FPD-L ab. Als Grund wurde die kosmetische Beeinträchtigung durch die FPD-L-induzierten purpurischen Maculae genannt. Diese Aussage kann von uns nicht bestätigt werden. Lediglich in zwei Fällen erschienen die Patienten nach der Probelaserung nicht mehr. Lediglich in diesen Fällen, die 10 Prozent entsprechen, kommt die kosmetische Beeinträchtigung als Ursache in Frage. Da diese beiden Patienten aber ohne Angabe von Gründen der Weiterbehandlung fernblieben, war der Anteil an kosmetisch unzufriedenen Patienten im eigenen Kollektiv eher geringer als 10 Prozent.

Auch die von uns behandelten Diagnosen Besenreiservarikose, Nävus araneus und Venektasie werden in der Literatur genannt (Hellwig et al. 1997; Raulin & Greve 2001; Stratigos et al. 2003 u.a.). Die von uns behandelten Diagnosen Erytheme, Erythrosis interfollicularis (colli), Nävus mixtus, Nävus teleangiectaticus und vasomotorische Dysregulation finden sich in der Literatur bisher nicht als explizit behandelte Diagnosen. Hier zeigt sich, dass zumindest die

Diagnosen Erythrosis interfollicularis und Nävus teleangiectaticus mit dem FPDL erfolgreich behandelt werden können (siehe **Tabelle 4**).

Da der Nävus flammeus in der Behandlung mit dem FPDL eine herausragende Rolle spielt, sowohl in der Literatur als auch unter unseren Patienten, soll er im Folgenden separat betrachtet werden.

### **B.1.1 Nävus flammeus**

#### **B.1.1.1 Definition**

Der Nävus flammeus (=Feuermal) ist eine angeborene, durch eine dauerhafte Gefäßweitstellung gekennzeichnete Fehlbildung. In den meisten Fällen ist er harmlos, selten einmal assoziiert mit komplexeren Fehlbildungen auch zentral-nervöser Gefäße, wie beim Sturge-Weber-Syndrom (Viator et al. 2002). Die Inzidenz von Nävi flammei wird mit 0,1 bis 0,5 Prozent aller Neugeborenen angegeben (Jacobs & Watson 1976; Barsky et al. 1980). Eine neuere Untersuchung eines Patientenkollektivs aus Deutschland mit 1000 Neugeborenen fand einen höheren Anteil von 2,8 Prozent (Lorenz et al. 2000). Auch fanden sie eine gleiche Geschlechtsverteilung, während andere Untersuchungen ein Verhältnis Jungen zu Mädchen von 2 : 1 angeben (Silverman 1991). Bei unseren Patienten fand sich eine andere Verteilung: 37 Prozent waren männlich (n=66), und 63 Prozent waren weiblich (n=113). Einschränkung zu unseren Daten ist allerdings zu sagen, dass sie nicht an einem Neugeborenen-Kollektiv durchgeführt wurden, sondern lediglich das Patienten-Spektrum für den FPDL in der Universitätsklinik Frankfurt (Main) im untersuchten Zeitraum wiedergeben.

#### **B1.1.2 Einführung, Behandlungsindikation**

Auch wenn dieser Gefäßfehlbildung lediglich kosmetische Relevanz in vielen Fällen zukommt, so leiden doch die betroffenen Patienten erheblich. So fanden Troilius und Mitarbeiter (1998) bei 230 Patienten, Wengle und Clodius (1983) bei 20 Patienten, Lanigan und Cotterill (1989) bei 71 Patienten und Augustin und Mitarbeiter (1998b) bei 70 Patienten mit Nävi flammei folgende Auffälligkeiten: relevante psychosoziale Belastungen von Patienten mit Nävi flammei sind Stigmatisierung (=wegen des Nävus angestarrt bzw. angesprochen zu werden), Probleme in Schule und Ausbildung, Beziehungsprobleme besonders im partnerschaftlichen, sexuellen Bereich sowie Gefühle von Schuld, Angst und Depressivität. Bedeutsame Einflussgrößen sind hierbei die Größe des Nävus und das Alter des Patienten (Malm & Carlberg 1988). Nach Augustin und Mitarbeitern (1998a) ist die subjektive Belastung im Bereich soziale Ängste bzw. Vermeidungsverhalten mit fast 50 Prozent am höchsten, was die Autoren auf eine mit dem Nävus assoziierte Stigmatisierung zurückführen. Das Gefühl der Hilflosigkeit folgt mit einem Anteil von 33 Prozent. Bei einem Teil der Patienten liegt auch ängstlich-depressive Stimmung vor (26 Prozent). Besonders hoch ausgeprägt ist die Korrelation zwischen den Bewältigungsmerkmalen und dem körperlichen Missempfinden sowie der Attraktivität. Über dem Schwellenwert, durch den sich Anhaltspunkte für eine Indikation zu psychotherapeutischer Behandlung ergeben, liegen im Bereich soziale Ängste/Vermeidung 14,5 Prozent der Nävus flammeus-Patienten. In bezug auf die Hilflosigkeit sind es 13 Prozent und hinsichtlich einer erhöhten ängstlich-depressiven Grundstimmung als Folge des Nävus flammeus ca. 8 Prozent. Insgesamt können soziale Ängste mit vermeidendem Copingstil (=Bewältigungsverhalten) als der bedeutendste Belastungsfaktor bei Patienten mit Nävi flammei betrachtet werden (Wengle & Clodius 1983; Augustin und Mitarbeiter 1998b). Dieser wiederum hat einen differentiellen Einfluss auf die subjektiv erlebte Attraktivität des Patienten. Er ist auch mit Einschränkungen der Lebensqualität assoziiert. 62 Prozent der von Troilius und Mitarbeitern (1998) befragten Patienten waren davon überzeugt, ihr Leben werde sich nach der Behandlung radikal ändern. Die Untersuchungen von Augustin und Mitarbeitern (1998b) ergeben auch eine signifikante

Besserung der psychosozialen Belastungen durch Behandlung der Nävi mit dem FPD. In einer neuen Veröffentlichung (Woo & Handley 2003) gaben 69 Prozent der Patienten eine Verbesserung ihrer psychologischen Situation nach erfolgreicher Behandlung von Nävi flammei mit dem FPD an. Aufgrund dieser Ausführungen ist eine Behandlungsindikation von Nävi flammei mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser gegeben. Mehrere Autoren empfehlen eine möglichst frühzeitige Behandlung, damit psychologische Probleme gar nicht erst auftreten (Nelson & Applebaum 1990; Troilius et al. 1998).

Bis etwa 1988 standen zur Behandlung dieser Nävi flammei lediglich Dauerstrich-Laser, wie der Argon-Laser, zur Verfügung. Die Ergebnisse mit diesen Lasern waren insgesamt zwar besser als keine Behandlung, aber aufgrund der unsicheren Ergebnislage und der Nebenwirkungen nicht zufriedenstellend (Kaufmann et al. 1997b). Insbesondere Nävi flammei bei Kindern und Jugendlichen zeigten enttäuschende Ergebnisse und führten oft zur Narbenbildung (Landthaler et al. 1987b). 1988 wurden dann von Garden und Mitarbeitern erste Mitteilungen über die erfolgreiche Behandlung derartiger Veränderungen mit Hilfe eines blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflasers gemacht (Garden et al. 1988). Mit zunehmender Erfahrung wurde versucht, mit Hilfe der verwendeten Energiedichten, der Zeitintervalle und anderer Parameter bezüglich der klinischen Charakteristika wie Farbe, Lokalisation und morphologisches Erscheinungsbild einen Therapieerfolg zu prognostizieren. Hierbei zeigte sich, dass sich einige Charakteristika als günstig erwiesen und andere als ungünstig, wie im Folgenden beschrieben.

Eine Übersicht über die Arbeiten, die sich mit den von uns untersuchten Parametern befassen, zeigen **Tabelle 12** und **Tabelle 14**.

Tabelle 12: Literatur über die Behandlung von Nävi flammei mit dem FPD im Vergleich zu den eigenen Ergebnissen

| Autor                   | Jahr | Anz. Pat. | Ergebnisse                          | Anz. Beh. | Dosis (J/cm <sup>2</sup> ) | Beh. interv. |
|-------------------------|------|-----------|-------------------------------------|-----------|----------------------------|--------------|
| Aktuelle Untersuchung   | 2003 | 179       | 82,2 % erfolgreich abgeschlossen    | 4-11      | 6-7                        | 41-100 Tage  |
| Garden et al.           | 1988 | 52        | 73 % Erfolg (>50 % Aufhellung)      | 1-5       | 6,5-10                     |              |
| Alster & Wilson         | 1994 | 76        | 49% >90% Aufh., 79% Erfolg gesamt   | 2-9       |                            |              |
| Hohenleutner et al.     | 1995 | 77        | 60% gut-sehr gut                    |           | 5-7,5                      |              |
| Troilius & Ljunggren    | 1995 | 66        | 59% mind. 50% Aufh.                 | 1-7       | 5,75-7,5                   |              |
| Wiek et al.             | 1995 | 61        | 71% Aufh. (33-100%)                 | 2,16      | 7,54                       |              |
| Fiskerstrand et al. (a) | 1996 | 30        | 53% gut (mind. 75% Aufhellung)      | 5         | 5,25-7,75                  |              |
| Fiskerstrand et al. (b) | 1996 | 51        | 43% gut                             | 1         | 5,25-6,5                   |              |
| Kane et al.             | 1996 | 6         | alle 25% Aufhellung oder schlechter | 5-21      | 6-10                       |              |
| Wlotzke et al.          | 1996 | 100       |                                     |           | 6,5-7,5                    |              |
| Boixeda et al.          | 1997 | 89        |                                     |           | 6-9                        | 3 Monate     |
| Lanigan                 | 1997 | 13        | 46% kompl. Aufh.; 69% mind. 50%     | 2-11      | 6-7,5                      |              |
| Fiskerstrand et al.     | 1998 | 125       |                                     | 1         | 3,9-7,3                    |              |
| Nguyen et al.           | 1998 | 91        |                                     | 1-14      | 6-7,5                      |              |
| Chang & Nelson          | 1999 | 196       | 54% mind. 50% Aufh.                 | 3,78      | 5-10                       |              |
| Sommer&Sheehan-Dare     | 2000 | 13        | 46% mind. 50% Aufh.                 |           | 4,5-7,25                   |              |
| Wimmershoff et al.      | 2001 | 260       | 85,5% mind. 50% Aufh.               | 7,1       | 5,9                        |              |
| Woo & Handley           | 2003 | 97        | 56% mind. 50% Aufh.                 | 16,7      | 5-7                        | 3 Monate     |



In etlichen Publikationen findet sich ein unterschiedliches Ansprechen des FPDL in unterschiedlichen Regionen des Körpers. So sollen Nävi flammei am Kopf, im Nacken und am Stamm im allgemeinen besser und schneller auf die FPDL-Therapie ansprechen als solche an den Extremitäten (Fitzpatrick et al. 1994; Taieb et al. 1994; Katugampola & Lanigan 1997; Wimmershoff et al. 2001b). Diese Ergebnisse können wir bestätigen (siehe **Tabelle 5**). Die signifikant schlechteste Ansprechrate zeigten im eigenen Patientengut solche Feuermale an den Beinen. Hier konnten wir nur in 12,5 Prozent der Fälle einen Erfolg erreichen, während in allen anderen Regionen wenigstens 50 Prozent Erfolge erzielt werden konnten.

Im Gesicht sollen zentrofazial gelegene Feuermale schlechter ansprechen als laterale und periorbitale (Renfro & Geronemus 1993; Wiek et al. 1995; Nguyen et al. 1997). Diese Aussage kann von uns nicht bestätigt werden. Alle im Gesicht gelegenen Nävi flammei konnten erfolgreich abgeschlossen werden, mit Ausnahme von 4, deren genaue Lokalisation nicht näher spezifiziert werden kann. Praktisch alle Nävi flammei im Gesichtsbereich konnten in unserem Kollektiv erfolgreich behandelt, d.h. zu einer deutlichen Aufhellung gebracht werden.

### **B.1.1.5 Dosis**

Die meisten unserer Behandlungen wurden im Bereich zwischen 6 und 7 J/cm<sup>2</sup> behandelt (siehe **Abbildung 16**). Andere Behandler geben vergleichbare Fluences an (Troilius & Ljunggren 1995; Fiskerstrand et al. 1996b; Wlotzke et al. 1996). Hellwig und Mitarbeiter (1997) empfehlen Behandlungen mit einer Dosis von 5 bis 7 J/cm<sup>2</sup>. Andere Autoren behandelten in einem größeren Bereich von bis zu 5 bis 10 J/cm<sup>2</sup> (Chang & Nelson 1999). Auch wir behandelten mit Dosen von 5,2 bis 8,2 J/cm<sup>2</sup>, allerdings nur einzelne Patienten.

Die meisten Patienten ließen sich mit einer Dosis zwischen 6 und 7 J/cm<sup>2</sup> behandeln, in unserem Patientengut 87,1 Prozent. In einer neuen Studie (Woo & Handley 2003) an 97 Patienten erzielten die Autoren mit höheren Dosen bessere Ergebnisse. Diese Aussage können wir nicht bestätigen (siehe **Abbildung 7** und **8**). Die Abbildungen belegen, dass bei erfolgreich behandelten Patienten in der eigenen Studie keine höheren Dosen verwendet wurden.

### **B.1.1.6 Anzahl der Behandlungen**

Wir behandelten Nävi flammei in den meisten Fällen (84,6 Prozent) in 4 bis 11 Sitzungen erfolgreich. Dies deckt sich mit den Ergebnissen einiger anderer Autoren (Lanigan 1997; Nguyen et al. 1998; Wimmershoff et al. 2001b). Andere Untersucher geben höhere (Alster & Wilson 1994; Kane et al. 1996; Woo & Handley 2003) bzw. geringere Zahlen an (Garden et al. 1988; Fiskerstrand et al. 1995; Troilius & Ljunggren 1995), bis hin zu nur einer einzigen Behandlung (Fiskerstrand et al. 1996b). Hierbei handelte es sich um eine Untersuchung der Ergebnisse nach einer (Probe-) Behandlung mit der Fragestellung, ob häufigere Behandlungen von Nöten sind. Die unterschiedliche Handhabung der Behandlungs-Anzahl geht auf die Beurteilung des Ergebnisses zurück. Während die Behandler, die hohe Zahlen vorweisen, in der Regel versuchten, eine komplette Aufhellung zu erreichen, behandelten diejenigen mit weniger Behandlungen in den meisten Fällen nur bis zu gewissen Aufhellungsgraden. Da wir als Erfolgskriterium ansahen, dass der Patient (oder Behandler) mit dem Ergebnis zufrieden war (siehe Punkt 1.7 „Behandlungskriterien“), liegen wir bezüglich der Anzahl der Behandlungen im mittleren Bereich. Dies unterstreicht die Notwendigkeit der Definition des angestrebten Behandlungsziels vor Behandlungsbeginn, um überhöhte Erwartungen zu dämpfen. Nur so lässt sich verhindern, dass stets neue Behandlungen wegen vermeintlicher minimaler Aufhellungen durchgeführt werden müssen.

### **B.1.1.7 Behandlungsintervalle**

Wir behandelten mit Intervallen von 1 bis 3 Monaten (**Abbildung 18**). Hellwig und Mitarbeiter (1997) empfehlen einen Behandlungsabstand von 6 bis 8 Wochen. Boixeda und Mitarbeiter (1997) sowie Woo und Handley (2003) behandelten ihre Patienten mit durchschnittlichen Intervallen von 3 Monaten. Analog zu den Erfahrungen von Landthaler (Landthaler et al. 1987b) mit dem Argonlaser sind längere Intervalle mit besseren Resultaten vergesellschaftet. Zudem gibt es bei den eigenen behandelten Patienten immer wieder Erfahrungsberichte, die über die Abblassung eines Nävus flammeus nicht vor 8 bis 10 Wochen nach der Behandlung berichten.

## **B.2 Gefäßvermehrungen**

Unter den Gefäßvermehrungen finden sich in der Literatur und bei den eigenen Patienten am häufigsten Hämangiome (22,6%), daneben auch Adenoma sebaceum, Angiokeratom und Angiome (Spicer & Goldberg 1996; Raulin & Greve 2001).

Interessant ist, dass auch das Granuloma pyogenicum, ein teleangiektatisches kapilläres Hämangiom, das nach geringfügigen Traumen entstehen kann, zum Behandlungsspektrum des FPDL zählt, da das Auftreten eines Granuloma pyogenicum als Nebenwirkung des FPDL beschrieben wurde (Garden et al. 1988; Abd-el Raheem et al. 1994). Der von uns behandelte Fall konnte mit Erfolg abgeschlossen werden. Granuloma pyogenicum als Nebenwirkung trat bei den eigenen Patienten nicht auf.

Während sich Berichte über eine erfolgreiche Behandlung von Adenoma sebaceum oder Angiofibromen (Tappero et al. 1992; Boixeda et al. 1994; Hellwig et al. 1998) und senilen Angiomen (Boixeda et al. 1994; Scheepers & Quaba 1995b) in der Literatur finden, gibt es keine Mitteilung über die Behandlung eines Angiokeratoms mit dem FPDL. Wir behandelten zwei Patienten mit dieser Diagnose. Ein Fall wurde ohne Erfolg beendet, der zweite Patient befindet sich noch in Behandlung. Eine Wertung bezüglich der Eignung des FPDL für die Behandlung von Angiokeratomen lässt sich daher gegenwärtig noch nicht vornehmen; eine uneingeschränkte Therapieempfehlung scheint aber nicht vorzuliegen.

Wir behandelten einen Patienten mit Adenoma sebaceum im Rahmen eines Morbus Bourneville-Pringle erfolgreich nach 8 Sitzungen. Ein Patient mit senilen Angiomen wurde ebenfalls erfolgreich in einer einzelnen Sitzung behandelt.

Die Beurteilung dieser Erfolge ist sicherlich aufgrund der geringen Patientenzahl zu relativieren, allerdings scheint der FPDL offensichtlich in der Lage zu sein, senile Angiome in wenigen Sitzungen und Adenoma sebaceum in einigen Sitzungen erfolgreich zu behandeln.

Da die Hämangiome als zweithäufigste Diagnose in der aktuellen Untersuchung vorlagen, sollen sie im Folgenden gesondert abgehandelt werden.

## **B.2.1 Hämangiome**

### **B.2.1.1 Definition**

Bei Hämangiomen (sog. Blutschwamm) handelt es sich um benigne proliferierende vaskuläre Tumoren mit spontaner Rückbildungstendenz. Man unterscheidet kapilläre, kavernöse und eruptive Hämangiome. Hämangiome gehören zu den häufigsten gutartigen Tumoren im Kindesalter. Ihre Inzidenz wird bei Neugeborenen mit 1 bis 2,6 Prozent angegeben. Innerhalb der ersten zwölf Lebensmonate wird die Inzidenz mit bis zu 12 Prozent angegeben (Jacobs 1957; Jacobs & Walton 1976; Esterly 1987; Enjolras & Mulliken 1993; Lorenz et al. 2000). Zu 90 Prozent entwickeln sich die Läsionen in den ersten Lebenswochen. 99 Prozent aller Hämangiome treten bis zum Ende des ersten Lebensjahres auf (Joppich & Schiele 1988). In den ersten Lebensmonaten zeigen die Hämangiome meist eine dramatische Progredienz, die in bis zu 70 Prozent langsam in eine Regressionsphase übergeht (Joppich & Schiele 1988;

Braun-Falco et al. 1996). Nach abgeschlossener Regression, ab dem sechsten bis zehnten Lebensjahr, bleiben oft Narben und atrophische Hautbezirke mit Teleangiektasien zurück (Jung 1989).

Das Verhältnis Mädchen zu Jungen wird mit 3 zu 1 angegeben (Finn et al. 1983; Kim et al. 2001). Diese Angabe entspricht exakt unserem Patientenprofil mit 25 Prozent Jungen (n=19) und 75 Prozent Mädchen (n=58).

### B.2.1.2 Einführung, Behandlungsindikation

Heute geht man davon aus, dass Hämangiome möglichst in der frühen Proliferationsphase einer adäquaten Behandlung zugeführt werden sollten (Michel et al. 1998). Dies gilt insbesondere für Hämangiome im Gesicht, im Orotrachealtrakt und in der Anogenitalregion, die als Notfall zu betrachten sind (Cremer et al. 1992; Berlien et al. 1994). Der FPDL bietet sich zur Behandlung kleiner initialer und auch planer oberflächlicher Hämangiome größerer Ausdehnung an (Ashinoff & Geronemus 1991a; Garden et al. 1992; Scheepers et al. 1995; Hohenleutner et al. 1996; Mazer 2002). Allerdings wird in einer neueren Studie von Batta und Mitarbeiter (2002) die Rolle des FPDL für die Behandlung von Hämangiomen kritisch beurteilt. Die Autoren verglichen die Behandlung frühkindlicher Hämangiome mit dem FPDL mit der Methode des Abwartens (=“wait-and-see“). Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Behandlung mit dem FPDL zumindest bei unkomplizierten und komplikationslosen Hämangiomen keinen Vorteil gegenüber dem regelmäßigen Beobachten ohne aktive Behandlung erbrachte.

Eine Übersicht über die Arbeiten, die sich mit den von uns untersuchten Parametern befassen, zeigt **Tabelle 13** und **14**.

Tabelle 13: Literatur über die Behandlung von Hämangiomen mit dem FPDL im Vergleich zu den eigenen Ergebnissen

| Autor                 | Jahr | Anz. Pat. | Ergebnisse                                 | Anz. Beh.     | Dosis (J/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|------|-----------|--|---------------|----------------------------|
| Aktuelle Untersuchung | 2003 | 78        | 78,6% erfolgreich abgeschlossen            | 1 bis 9       | 6, 7, 8                    |
| Sherwood & Tan        | 1990 | 1         | normale Hautfarbe und -struktur            | 5             | 6                          |
| Ashinoff & Geronemus  | 1991 | 10        | 80% (>50% Regression)                      | 3 bis 5       | 6 bis 7,5                  |
| Landthaler et al.     | 1995 | 36        | 58% gut/sehr gut                           |               | 6 bis 10                   |
| Barlow et al.         | 1996 | 7         | teilweise bis fast vollständige Regression | 2 bis 6 (3,1) | 7 bis 9,5                  |
| Hellwig & Raulin      | 1996 | 43        | 100% (kapilläre Anteile)                   | 1 bis 12      | 6 bis 8                    |
| Hohenleutner et al.   | 1996 | 166       | bis 94% (>75% Regression)                  |               | 7,5 bis 10                 |
| Michel et al.         | 1998 | 20        | 72% (1 Beh.); 68% (2 Beh.)                 | 1 bis 2       | 7 bis 10                   |
| Poetke et al.         | 2000 | 165       | 76% gut/sehr gut                           | 1 bis 5 (2)   | 5 bis 7                    |

### B.2.1.3 Ergebnisse

Wir konnten 78,6 Prozent der Hämangiom-Behandlungen erfolgreich abschließen (siehe **Abbildung 43**). Diese Ergebnisse decken sich mit den Angaben in der Literatur (siehe **Tabelle 13**). Lediglich Hellwig und Raulin (1996) geben eine höhere Erfolgsquote von 100 Prozent an, betrachten aber nur die kapillären Anteile der Hämangiome. Im eigenen Patientengut finden sich hingegen zum einen auch solche Hämangiome, die noduläre bzw. kavernöse Anteile besaßen, zum anderen behandelten wir auch Patienten, bei denen durch die Eltern bereits ein fortschreitendes Wachstum der Hämangiome festgestellt worden war, die sich also nicht mehr in der frühen Proliferationsphase befanden.

Aufgrund der Altersproblematik der Patienten, die sich in der Regel im ersten Lebensjahr oder zumindest im Kleinkindesalter befinden, lässt sich dies jedoch nicht immer bewerkstelligen. Wie unsere Behandlungsergebnisse zeigen, ist hierin jedoch offensichtlich kein Nachteil zu sehen.

### **B.2.2 Andere Gefäßvermehrungen**

Venöse Malformationen (Raulin & Greve 2001) und Kaposi-Sarkome (Hellwig et al. 1997; Marchell & Alster 1997), über deren erfolgreiche Behandlung in der Literatur berichtet wird, finden sich nicht bei den Behandlungsindikationen der eigenen Patienten. Über die Indikation „venöse Malformation“ wurde erst nach Abschluss der Datenerhebung berichtet.

Kaposi-Sarkome werden nur in den Arbeiten von S. Hellwig und Tappero und Mitarbeitern als Indikation aufgegriffen (Tappero et al. 1992; Hellwig et al. 1997; Hellwig et al. 1998). Tappero und Mitarbeiter (1992) berichten über die erfolgreiche Behandlung initialer roter kutaner Kaposi-Sarkome bei HIV-Infektionen. Allerdings sei mit rasch auftretenden Rezidiven zu rechnen. Es gibt inzwischen zahlreiche Untersuchungen, die belegen, dass aufgrund der Dicke der Kaposi-Sarkome ein sinnvoller Einsatz des FPDL nicht möglich erscheint. Rezidive sind unvermeidbar, da die Eindringtiefe des Laserlichts zu gering ist, um ein Kaposi-Sarkom komplett zu beseitigen. Lediglich ein kurzfristiges kosmetisches und palliatives Ergebnis ist zu erzielen (Tappero et al. 1992; Marchell & Alster 1997).

### **B.3 Erkrankungen**

Unter den von uns behandelten Erkrankungen finden sich lediglich Rosazea oder Formen der Rosazea, wie z.B. Rubeosis faciei (Gonzalez et al. 1992; Hellwig et al. 1998) sowie der Lupus erythematodes (Nunez et al. 1996; Hellwig et al. 1997; Gupta & Roberts 1999) in der Literatur. Die von uns ebenfalls behandelten Erkrankungen Mastocytose und Ulerythema ophryogenes finden sich in der Literatur nicht. Einschränkend ist hier zu sagen, dass keine der genannten Diagnosen häufiger als zwei mal vorkam. Die Behandlung von Angioma serpiginosum findet sich lediglich bei einer einzelnen Literaturstelle (Polla et al. 1987). Die Autoren geben sehr gute Ergebnisse für die Behandlung dieser Diagnose an. Zwar waren bei den eigenen Patienten auch zwei mit Angioma serpiginosum, wobei ein Fall erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Allerdings muss aufgrund der geringen Patientenzahl eine abschließende Bewertung ausbleiben. Grundsätzlich ist aber eine erfolgreiche Behandlung von Angioma serpiginosum mit dem FPDL möglich.

### **B.4 Narben**

Bei den behandelten Narben muss man zwischen hypertrophen Narben und Keloiden unterscheiden. Hypertrophe Narben sind überschießende Proliferationen von Bindegewebe nach einer Hautverletzung, die auf den Ort der Schädigung begrenzt sind. Es handelt sich um mäßig derbe, von Teleangiektasien durchzogene, haut- oder fleischfarbene Plaques und Knoten. Keloide oder Wulstnarben sind derbe, platte oder strangförmige und manchmal juckende Bindegewebswucherungen, die sich auf disponierter Haut Wochen bis Monate nach Verletzungen (Traumen, Verbrennungen, operative Eingriffe) im Bereich von Narben entwickeln und nicht auf den Ort der Schädigung begrenzt sind. Keloide zeigen unregelmäßige Ausläufer an der Peripherie mit Wachstumsneigung und keine spontane Rückbildungstendenz.

Die Behandlung von hypertrophen Narben und Keloiden wird in der Literatur relativ häufig beschrieben. Als Erste behandelten Alster und Mitarbeitern (1993) Narben, die bei der Behandlung von Nävi flammei mit dem Argonlaser entstanden waren, mit dem FPDL. Es kam zur Abflachung der Narben und Verbesserung der Hauttextur. Andere Erfolge werden von Dierickx und Mitarbeitern (1995b) und anderen berichtet. Alster und Williams (1995) berichten über die erfolgreiche Behandlung von Narbenkeloiden nach Sternotomie bei 16

erwachsenen Patienten. Es kam zu einem signifikanten Rückgang des Erythems, der Erhabenheit der Narben, der Oberflächen-Struktur und des Juckreizes. Die Verbesserungen hielten wenigstens sechs Monate an. Gute Ergebnisse werden auch von Hellwig und Mitarbeitern (1995) für die Bereiche Gesicht und Hals angegeben. Der Wirkungsmechanismus bezüglich der erythematösen Komponente der Narben liegt in der Wirkung des FPDL auf feine Teleangiektasien, die das Substrat der persistierenden Rötung der Narben darstellen (Dierickx et al. 1995b). Möglicherweise ist die Wirksamkeit des gepulsten Farbstofflasers auf die hypertrophe Komponente der Narben auf die Gewebehypoxie nach der selektiven Photothermolyse der Kapillargefäße zurückzuführen. Dies könnte zu einem Abbau von Kollagen führen (Dierickx et al. 1995b).

In der vorliegenden Studie wurde nur bei einem Patienten die Behandlung einer hypertrophen Narbe abgeschlossen, diese erfolgreich. Aufgrund der Tatsache, dass es sich nur um einen einzelnen Patienten handelte, kann eine abschließende Wertung nicht gegeben werden. Allerdings scheint die prinzipielle Eignung des FPDL für die Behandlung hypertropher Narben gegeben zu sein.

Die guten Ergebnisse in der Behandlung von Keloiden, wie in der Literatur beschrieben, kann in der eigenen Studie nicht bestätigt werden. Hier konnte nur in 40 Prozent der Fälle ein Erfolg erzielt werden (siehe **Tabelle 4**).

### **B.5 Virusakanthome**

Die meisten hier behandelten Virusakanthome waren Verrucae vulgares. In einem Fall handelte es sich um Akanthome der Mundschleimhaut bei HIV-Infektion. Virusakanthome, virusinduzierte gutartige Tumoren aus Stachelzellen der Haut, und Verrucae vulgares, durch HPV2 und 4 (Humane Papillom Viren) ausgelöste Papillome, mit dem FPDL zu behandeln, bezeichnen Hellwig und Mitarbeiter (1997) und Mazer (2002) als gerechtfertigt. Die Ergebnisse fallen allerdings unterschiedlich aus (0 – 92 % Ansprechrate). Kopera (2002) beschrieb bei 99 Patienten mit Warzen an Händen oder Füßen ein völliges Verschwinden bei 63 Prozent. Kenton-Smith und Tan (1999) erreichten bei 28 Patienten mit verschiedenen Virusakanthomen in bis zu 92 Prozent ein Verschwinden der Akanthome. Tan und Mitarbeiter (1993) behandelten 39 Patienten und erzielten in 72 Prozent der Fälle eine Abheilung. Huilgol und Mitarbeiter (1996) erreichten hingegen in keinem der behandelten Fälle eine deutliche Besserung. Die eigenen Ergebnisse bestätigen die Untersuchungen der ersten Autoren (Tan et al. 1993; Kenton-Smith & Tan 1999; Kopera 2002): Eine erfolgreiche Behandlung wurde bei 75 Prozent der abgeschlossenen Behandlungen erreicht. Tan und Mitarbeiter (1993) berichten über nur einen Fall mit Rezidiven unter den nachuntersuchten Patienten in einem Zeitraum bis zu 6 Monaten. Die eigenen Patienten wurden bezüglich Rezidiven nicht systematisch nachuntersucht.

In einer neuen Arbeit wird die Kombination des FPDL mit Bleomycin-Injektion empfohlen (Pollock & Sheehan-Dare 2002). Die Autoren berichten über eine Erfolgsrate von 89 Prozent bei Behandlung von Virusakanthomen an den Händen.

Die erfolgreiche Behandlung von Molluscum contagiosum wird in der Literatur beschrieben (Hughes 1998; Raulin & Greve 2001). In unserem Patientenkollektiv wurde im Untersuchungszeitraum kein Patient mit dieser Diagnose behandelt.

### **B.6 Sonstige**

Die von uns durchgeführten Behandlungen mit Atrophoderma vermiculata bzw. Hypertrichose mussten jeweils ohne Erfolg abgeschlossen werden. Es handelte sich dabei allerdings jeweils nur um einen Patienten.

Andere Autoren berichten weiter über die erfolgreiche Behandlung von Talgdrüsenhyperplasien (Raulin & Greve 2001), Xanthelasma (Hellwig et al. 1997; Mang & Sawatzki 1999; Raulin & Greve 2001), und Poikilodermie (Hruza et al. 1993; Mang & Sawatzki 1999).

Über die erfolgreiche Behandlung von Talgdrüsenhyperplasien wurde erst nach Abschluss der Patientenauswertung berichtet, im eigenen Patientenkollektiv wurden diese Befunde nicht mit dem FPDL behandelt. Die Behandlung von Xanthelasmen erfolgt in der dermatologischen Klinik der Universitätsklinik in Frankfurt am Main regelhaft mit einem anderen Laser (Erbium:YAG-Laser), mit dem sehr gute Erfolge erzielt werden (Kaufmann & Hibst 1996a/b; Kaufmann et al. 1997a). Daher wurde der FPDL nicht eingesetzt. Poikilodermie ist ein buntes Mischbild aus scheckigen oder netzartigen Pigmentverschiebungen ins rötliche und braune, Atrophien und Teleangiektasien mit Bereichen normaler Haut (Sterry & Paus 2000). Wir sehen dies als fragliche Indikation an, da das Krankheitsbild an sich mit dem FPDL nicht behandelbar erscheint. Lediglich in den geröteten und teleangiektatischen Anteilen lässt sich eine optische Besserung erzielen. Daher wurden Patienten mit Poikilodermien hier nicht mit dem FPDL behandelt.

## **2.2 Dosis**

Angaben zu verwendeten Energiedichten finden sich in der Literatur kaum, wenn es um den allgemeinen Einsatz des FPDL ging und nicht um spezielle Diagnosen (siehe **Tabelle 14**). Thema waren hier andere Aspekte. Daraus ergibt sich, dass die Betrachtung der verwendeten Energiedichten eher ein Diagnosen-spezifischer Parameter ist, da unterschiedliche Läsionen immer auch mit verschiedenen histologischen Befunden einhergehen. Polla und Mitarbeiter (1987) behandelten 77 erwachsene Patienten mit verschiedenen Gefäßerweiterungen (Teleangiektasien, Hämangiome, Angiome etc.) mit einem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser mit 577 nm Wellenlänge. Es wurden Handstücke mit 1 mm-, 2 mm- und 3 mm-Fleckdurchmesser („spot size“) verwendet. Bei 1 mm-spot size wurden Fluences von 15 bis 30 J/cm<sup>2</sup> eingesetzt, bei 2 mm- und 3 mm-spot size 6 bis 10 J/cm<sup>2</sup>. Mit diesen Ergebnissen decken sich die von uns verwendeten Fluences, die im Bereich von 5,4 bis 9 J/cm<sup>2</sup> liegen, zumindest wenn man die erfolgreich abgeschlossenen Fälle betrachtet (siehe **Abbildung 8**). In der Regel wurde von uns ein Handstück mit 4 mm Fleckdurchmesser verwendet.

Tabelle 14: Literatur über den FPDL im Vergleich zu den eigenen Ergebnissen

| Autor                 | Jahr | Anz. Pat. | Diagnosen        | Ergebnisse                | Anz. Beh. | Nebenwirkungen (in Prozent) |           |          |        | Dosis (J/cm <sup>2</sup> ) | Beh.interv. (in Wochen) |
|-----------------------|------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|----------|--------|----------------------------|-------------------------|
|                       |      |           |                  |                           |           | Krusten                     | Hyperpig. | Hypopig. | Narben |                            |                         |
| Aktuelle Untersuchung | 2003 | 345       | Übersicht        | 73 % Erfolg               | 2-6       | 7,3                         | 6,3       | 1,2      | 0,6    | 6                          | 6-14                    |
| Polla et al.          | 1987 | 77        | Gefäßw.          | 66,2 % gut bis exzellent  | 1-4       |                             | 22        | 3,9      | 0      | Depression 1x              |                         |
| Garden et al.         | 1988 | 52        | N. flammeus      | 73 % Erfolg (>50 % Aufh.) | 1-5       |                             | 9,6       | 7,7      | 0      | Granuloma pyo.             |                         |
| Tan et al.            | 1989 | k. A.     | N. flammeus      |                           |           |                             | 57        |          |        |                            |                         |
| Ashinoff & Geronemus  | 1991 | 10        | Hämangiom        | 80% (>50% Regression)     | 3-5       | 0                           | 0         | 0        | 0      | 6-7,5                      |                         |
| Renfro & Geronemus    | 1993 | 259       | N. flammeus      |                           |           |                             | 11,5      | 2,5      |        |                            |                         |
| Hohenleutner et al.   | 1995 | 77        | N. flammeus      | 60% gut-sehr gut          |           |                             | 12        | 0,8      | 2      | 5-7,5                      |                         |
| Landthaler et al.     | 1995 | 36        | Hämangiom        | 58% gut/sehr gut          |           |                             |           |          | 4      | Granuloma pyo.             |                         |
| Levine & Geronemus    | 1995 | 500       | vask. Läsionen   |                           |           |                             | 1         | 2,6      | 0,8    | 5,75-9                     | 2-8                     |
| Hohenleutner et al.   | 1996 | 166       | Hämangiom        | bis 94% (>75% Regression) |           |                             | 7,3       |          | 4      | Granuloma pyo.             |                         |
| Wiek et al.           | 1996 | k. A.     | Besenreiser u.a. |                           | 1-4       |                             | 82        | 18       |        | 6,5-8                      | bis 3                   |
| Wlotzke et al.        | 1996 | 100       | N. flammeus      |                           |           |                             | 27        | 1        | 4      | 6,5-7,5                    |                         |
| Boxedda et al.        | 1997 | 89        | N. flammeus      |                           |           |                             | 16,8      | 2,4      | 1,1    | Depression 2,2%            | 12                      |
| Hellwig et al.        | 1997 | k. A.     | Übersicht        |                           |           |                             | 57        |          | 0,1-3  |                            |                         |
| Lanigan               | 1997 | 13        | N. flammeus      | 69% mind. 50% Aufh.       | 2-11      |                             | 0         | 7,7      | 0      | 6-7,5                      |                         |
| Seukeran et al.       | 1997 | 701       | N. flammeus      |                           |           | 0,7                         | 9,1       | 1,4      | 5      | Blasen 5,9%                |                         |
| Fiskerstrand et al.   | 1998 | 125       | N. flammeus      |                           | 1         |                             | 23        | 3        | 1      | 3,9-7,3                    |                         |
| Nanni & Alster        | 1998 | /         | k. A.            |                           |           |                             | 85        | 2,2-26   | <0,1   |                            |                         |
| Chang & Nelson        | 1999 | 196       | N. flammeus      | 54% mind. 50% Aufh.       | 3,78      |                             | 57        | 1        | 3,1    | 5-10                       |                         |
| Haedersdal            | 1999 | k. A.     | Gesunde          |                           |           |                             |           |          |        | 3-8                        |                         |
| Kenton-Smith & Tan    | 1999 | 28        | Virusakanthome   | bis 92 % Verschwinden     | 1-7       |                             |           | 3,6      |        | Infektion 3,6%             | 12-60                   |
| Poetke et al.         | 2000 | 165       | Hämangiom        | 76% gut/sehr gut          | 1-5       |                             | 1         | 4        |        | 5-7                        |                         |
| Sommer & Sheehan-Dare | 2000 | 13        | N. flammeus      | 46% mind. 50% Aufh.       |           |                             | 46        | 7,7      | 15,4   | 4,5-7,25                   |                         |
| Raulin & Greve        | 2001 | k. A.     | Übersicht        |                           |           |                             | 57        | 0-10     | 0-1    |                            |                         |
| Wimmershoff et al.    | 2001 | 260       | N. flammeus      | 85,5% mind. 50% Aufh.     | 7,1       |                             | 16,3      | 6,4      | 7,8    | 5-9                        |                         |
| Woo & Handley         | 2003 | 97        | N. flammeus      | 56% mind. 50% Aufh.       | 16,7      | 35                          | 7         | 13       | 5      | Blasen 20%                 | 12                      |

## **2.3 Anzahl der Behandlungen**

In den meisten Arbeiten wird im wesentlichen nicht auf die Anzahl der Behandlungen eingegangen. Dies liegt daran, dass die Anzahl Diagnosen-abhängig stark variieren kann. Lediglich eine Arbeit von Polla und Mitarbeitern aus dem Jahr 1987 weist Angaben über die Behandlungsanzahl aus. In dieser Studie wurden 77 Patienten mit verschiedenen gutartigen Gefäßerkrankungen der Haut mit dem FPD (577 nm) behandelt. Es handelte sich im Einzelnen um Teleangiectasien, Angioma serpiginosum, Hämangiome, Spider nävi und „Venous lakes“. Die durchschnittlichen Sitzungen lagen je nach Diagnose zwischen 1,1 (Hämangiome) und 2,1 (Teleangiectasien an den Beinen). Insgesamt wurden zwischen einer und vier Behandlungen durchgeführt. Um ein gutes bis sehr gutes Ergebnis zu erzielen, waren bei Teleangiectasien im Gesicht mehr Behandlungen nötig als bei den anderen vaskulären Läsionen. Teleangiectasien der Beine wurden in 25 von 26 Fällen erfolglos behandelt, daher war die Anzahl der Behandlungen hier höher. Im wesentlichen ergibt sich daraus, dass die durchschnittliche Behandlungsanzahl mit dem Patientenkollektiv bzw. den damit verbundenen Diagnosen zusammenhängt. Ein Kollektiv mit einem hohen Anteil großflächiger oder schwer therapierbarer Läsionen wird mehr Behandlungen erfordern als bei Patienten mit kleinflächigen und leicht therapierbaren Läsionen. Die Auflistung macht dennoch Sinn, da Patienten, die mit einer Gefäßveränderung der Haut in die Klinik kommen, wissen möchten, mit wie vielen Behandlungen sie zu rechnen haben. Aus diesem Grund wurde eine solche Aufstellung angefertigt. Bei Betrachtung der eigenen Ergebnisse zeigt sich, dass nach bis zu vier Behandlungen mit dem FPD bereits 41 Prozent der erfolgreichen Fälle abgeschlossen wurden (**Abbildung 10**). Nach bis zu 6 Behandlungen sogar 64,3 Prozent.

## **2.4 Behandlungsintervalle**

In den meisten Artikeln werden die Behandlungsintervalle nicht erwähnt. Allerdings findet sich eine Arbeit, in der 500 Patienten mit vaskulären Läsionen mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser behandelt wurden (Levine & Geronemus 1995a). Bei den Diagnosen handelte es sich um Nävi flammei und Hämangiome, aber auch um Teleangiectasien, Spider-Nävi, senile Angiome und erythematöse Narben. Ohne auf die genauere Verteilung der einzelnen Diagnosen einzugehen, wird ein durchschnittlicher Behandlungsabstand von 2 bis 8 Wochen angegeben. Auch größere Abstände kamen vor. Mit 6 bis 14 Wochen lagen die Intervalle bei den eigenen Patienten im wesentlichen über denen der genannten Arbeit. Dies dürfte an der unterschiedlichen Zusammensetzung der Diagnosen liegen, da in einigen Fällen der Behandlungsabstand gering gehalten werden kann, z.B. wegen der Größe der Läsion bei Besenreiser-Varizen, die nicht in toto behandelt wurden.

## **2.5 Nebenwirkungen**

### **2.5.1 Einführung**

Nebenwirkungen sind definiert als vorübergehende oder bleibende Hautreaktionen, die nicht dem gewünschten Wirkungsspektrum des verwendeten Lasers entsprechen. Es handelt sich somit um unspezifische Reaktionen, die auf thermische Schädigungen der Epidermis oder extravasaler dermaler Strukturen zurückzuführen sind (Haedersdal 1999). Drei Mechanismen sind für die Entstehung von unerwünschten Wirkungen der Haut bei Bestrahlung mit dem FPD ursächlich (Tan & Morelli 1989; Anderson & Parrish 1994):

1. Direkte und kompetitive Absorption durch dermales Melanin,
2. thermische Diffusion unabhängig von Hämoglobin, woraus eine thermische Schädigung perivaskulären Gewebes resultiert und
3. Streueffekte, die indirekt die epidermale und dermale unspezifische Schädigung verstärken.



Im Folgenden soll auf die wichtigsten und in der Literatur am häufigsten besprochenen Nebenwirkungen eingegangen werden.

### **2.5.2 Krustenbildung**

Krusten traten nach Behandlung mit dem FPD-L bei 7,3 Prozent als häufigste Nebenwirkung auf (siehe **Abbildung 12** und **Tabelle 14**). In der Literatur finden sich hingegen kaum Angaben zur Krustenbildung. Lediglich Woo und Handley (2003) berichten in einer neuen Studie mit 97 Patienten über Krustenbildung in 35 Prozent der Behandlungen. Seukeran und Mitarbeiter (1997) berichten über 0,7 Prozent Krustenbildung bei einem Kollektiv von 701 Patienten mit Nävi flammei und Ashinoff und Geronemus (1991a) finden keine Krustenbildung bei 10 Kleinkindern mit Hämangiomen. Inwieweit andere Autoren keine Krustenbildung bei Wiedervorstellung der Patienten fanden oder schlicht nicht dokumentierten, lässt sich nicht klären. Der vergleichsweise hohe Wert bei unseren Patienten mag darauf beruhen, dass die Patienten hier explizit bezüglich des Auftretens von Krusten befragt wurden.

### **2.5.3 Hyperpigmentierung**

Nach der Krustenbildung waren Hyperpigmentierungen (6,3 Prozent) die zweithäufigste Nebenwirkung (siehe **Abbildung 12** und **Tabelle 14**). Hyperpigmentierungen entstehen durch Ablagerung von Hämosiderin, wie Wiek und Mitarbeiter in einer histologischen Studie nachweisen konnten (Wiek et al. 1996). Viele Autoren geben einen deutlich höheren Prozentsatz für Hyperpigmentierungen an, bis hin zu 85 Prozent (Nanni & Alster 1998b). Dies mag an unterschiedlich hohen Behandlungs-Dosen liegen.

### **2.5.4 Hypopigmentierung**

Hypopigmentierungen traten im Rahmen unserer Behandlungen in 1,2 Prozent auf (siehe **Abbildung 12** und **Tabelle 14**). Hypopigmentierungen entstehen durch reversible oder irreversible Schädigung epidermaler Melanozyten, weshalb sie auf gebräunter Haut eher auftreten als auf blasser Haut (Wiek et al. 1996). In der Literatur finden sich größtenteils Angaben über das Auftreten von Hypopigmentierungen nach Behandlung mit dem FPD-L von 3 Prozent oder weniger (Renfro & Geronemus 1993; Fiskerstrand et al. 1998. Siehe auch **Tabelle 14**). Lediglich dunkelhäutige Patienten zeigen ein höheres Risiko zur Bildung von Hypopigmentierungen (Sommer & Sheehan-Dare 2000). In einer älteren Untersuchung mit 577 nm Wellenlänge findet sich ebenfalls die Angabe eines höheren Anteils von Hypopigmentierungen (Garden et al. 1988). Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei einer Wellenlänge von 585 nm die Absorption des Laserlichts durch Melanin gegenüber 577 nm reduziert ist. Daraus folgt eine höhere Absorption durch Oxyhämoglobin. Dadurch wird das Risiko posttherapeutischer Hypopigmentierungen reduziert (Spicer & Goldberg 1996).

### **2.5.5 Narbenbildung**

Narben traten in der vorliegenden Studie in 0,6 Prozent der Behandlungen auf (siehe **Abbildung 12** und **Tabelle 14**). Dies deckt sich mit den Angaben in der Literatur, wo das Narbenbildungsrisiko in der Regel mit unter 2 Prozent angegeben wird (Hohenleutner et al. 1995b; Levine & Geronemus 1995a; Boixeda et al. 1997. Siehe auch **Tabelle 14**). Andere Autoren geben aber auch ein deutlich höheres Risiko von bis zu 15,4 Prozent an (Sommer & Sheehan-Dare 2000). Bei dieser Untersuchung handelte es sich allerdings gänzlich um dunkelhäutige Patienten des Hauttyps V.

### **2.5.6 Andere**

Als obligate Nebenwirkung treten direkt nach der Laserbehandlung purpurische erythematöse Maculae auf, die auf der Erythrozytenagglutination und der Schädigung der Gefäßwände beruhen (Hruza et al. 1993; Algermissen et al. 2002). Diese heilen in der Regel in ein bis zwei Wochen folgenlos ab (Spicer & Goldberg 1996). Zusätzlich kann es zum Auftreten von Bläschen (Hohenleutner et al. 1996) und Ödemen kommen, deren Stärke individuell unterschiedlich ist und zudem von der verwendeten Energiedichte abhängt (Hellwig et al. 1997). Höhere Dosen (über 7,5 J/cm<sup>2</sup>) erhöhen das Nebenwirkungsrisiko bis zur Narbenbildung (Wiek et al. 1996). Andere Autoren berichten, dass höhere Energiedichten eine geringere Ausprägung der postoperativen Nebenwirkungen bedingen sollen (Garden et al. 1986).

Die Problematik mit den passageren purpurischen Maculae kann dazu führen, dass Patienten eine Behandlung mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser nicht tolerieren, wie Wlotzke und Mitarbeiter (1995) in einer vergleichenden Studie bei Patienten mit Teleangiektasien des Gesichts belegen. Hier lehnten 8 von 10 Patienten nach der Probelerung eine Weiterbehandlung wegen der ästhetischen Beeinträchtigung ab. Da sich manche Patienten auch in der eigenen Untersuchung nach der Probebehandlung nicht mehr vorstellten, könnte hierin ein möglicher Grund bestanden haben.

## **2.6 Wellenlänge und Pulsdauer**

### **2.6.1 Wellenlänge: Vergleich 585 nm und 588 nm**

In der Literatur werden die meisten Untersuchungen mit einer Wellenlänge von 585 nm durchgeführt. 585 nm Wellenlänge ist daher der Standard bei der Verwendung des FPD (Tan et al. 1990; Levine & Geronemus 1995a; Wiek et al. 1995). Diese Eigenschaft wird von den Herstellern der entsprechenden Geräte vorgegeben. Zur Begründung für die Verwendung der vorgegebenen Wellenlänge werden die günstige Eindringtiefe, die Selektivität bezüglich dermalen Gefäße und die geringe Melanin-Absorption genannt (Wiek et al. 1995; Spicer & Goldberg 1996). Bei dem in der vorliegenden Untersuchung verwendeten blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser (Modell „Vasognost“) der Firma „Wavelight“ (früher: Firma Carl Baasel Lasertechnik) war es möglich, durch Verwendung verschiedener Farbstoffe die Wellenlänge im Bereich von 585 nm, 588 nm und 590 nm anzupassen. Das Gerät wurde von Anfang an mit einem Farbstoff, der zu einer Emission des Laserstrahls mit einer Wellenlänge von 588 nm führte, betrieben. Rationaler Hintergrund war eine aus theoretischen Gründen eventuell günstigere Eindringtiefe. Um im intraindividuellen Behandlungsverlauf keine Änderungen der physikalischen Parameter vorzunehmen, wurde diese Wellenlänge im gesamten Untersuchungszeitraum nicht verändert. Damit wird es möglich, die in der Literatur mitgeteilten Berichte mit 585 nm Wellenlänge mit der aktuell verwendeten Wellenlänge von 588 nm in Beziehung zu setzen.

Naturgemäß ist es schwierig, derartig genaue Vergleiche durchzuführen, da unterschiedliche Indikationen und unterschiedliche Beurteilungskriterien verwendet werden. Hierzu wäre es erforderlich gewesen, intraindividuell gleichzeitig mit jeweils einem Gerät der entsprechenden Wellenlängen parallel zu behandeln. Mangels Verfügbarkeit einer derartigen Möglichkeit war eine solche Untersuchung nicht möglich. Insgesamt schnitt die in der aktuellen Untersuchung verwendete Wellenlänge von 588 nm bezüglich der Behandlungsergebnisse nicht schlechter ab als diejenige von 585 nm (siehe **Abbildung 6** und **27**). Es bleibt die theoretische Möglichkeit einer eventuell etwas höheren Eindringtiefe mit im Einzelfall günstigeren Therapieoptionen. Eine Verschlechterung durch die Wahl einer derartigen Wellenlänge lässt sich auf jeden Fall nicht ableiten.

## 2.6.2 Pulsdauer: Vergleich 200 bzw. 300 $\mu$ s und 450 $\mu$ s

### 2.6.2.1 Theoretische Überlegungen

In der Literatur werden bezüglich der Pulsdauer (oder Pulsbreite) 450  $\mu$ s häufig als Standard (Geräteherstellervorgaben) verwendet. So nennen Wimmershoff und Mitarbeiter 450  $\mu$ s Pulsdauer den Standard in der Therapie von Nävi flammei (Wimmershoff et al. 2001b), unter anderem wegen der geringen Gefahr einer Narbenbildung (Lanigan 1995b). Andere Autoren sehen die Behandlung mit 450  $\mu$ s Pulsdauer als Therapiemethode der Wahl bei kleinen oberflächlichen bzw. initialen Hämangiomen an (Michel et al. 1998; Werner & Raulin 1999). Als Begründung wird in der Regel angeführt, dass die Pulsdauer geringer sein soll als die thermische Relaxationszeit (TRT=total relaxation time) ektatischer erweiterter Hautgefäße, welche die Zielstrukturen des FPDLD darstellen (Hruza et al. 1993). Andere Autoren geben für die selektive Gefäßzerstörung an, dass die TRT ungefähr der von dermalen Blutgefäßen entsprechen soll (Renfro & Geronemus 1993; Raulin et al. 1999b). Als limitierender Faktor wird immer die geringe Eindringtiefe von ca. 1,2 mm angesehen (Dierickx et al. 1995a; Goldman & Eckhouse 1996).

Untersuchungen von Kimel und Mitarbeitern haben ergeben, dass die TRT von Blutgefäßen mit 30  $\mu$ m Durchmesser der Pulsbreite von 450  $\mu$ s entsprechen. Bei einer Wellenlänge von 585 nm kommt es nach diesen Autoren zum permanenten Verschluss von Gefäßen bis 40  $\mu$ m Durchmesser mit einem Energieeinsatz von 3 J/cm<sup>2</sup> bzw. 60 bis 120  $\mu$ m Durchmesser bei 4,5 J/cm<sup>2</sup> Pulsenergie (Kimel et al. 1994). Nelson und Applebaum betonen, dass mit dem Einsatz einer Pulsbreite im Bereich der TRT von Blutgefäßen die Energie auf das Target (Zielstruktur) beschränkt bleibt, wodurch das Risiko von Nebenwirkungen deutlich reduziert werden kann (Nelson & Applebaum 1990).

### 2.6.2.2 Zeitliche Entwicklung

Die Wahl der Pulsdauer wird in der Literatur durchaus unterschiedlich beurteilt. So findet sich in einer Arbeit von Haedersdal (1999), dass die Pulsdauer ursprünglich bei 300  $\mu$ s (Tan et al. 1986) lag, zwischenzeitlich bei 360  $\mu$ s (Tan et al. 1989a) und jetzt bei 450  $\mu$ s (Garden et al. 1988), um der TRT geschädigter Gefäße näher zu kommen. Spicer und Goldberg (1996) geben an, dass die optimale Pulsdauer für die Behandlung vaskulärer Hautveränderungen gleich oder leicht unter der TRT der behandelten Gefäße liegen soll. Die TRT hängt im wesentlichen vom Gefäßdurchmesser ab. Subzelluläre Organellen, wie Melanosomen, haben kurze TRTs von 50 bis 100 ns, Blutgefäße von 150 bis 1300  $\mu$ s, bei Gefäßdurchmessern von 20 bis 60  $\mu$ m (Walker et al. 1989). Kleinere Gefäße verlieren die Wärme schneller und haben demzufolge eine kürzere TRT. Der FPDLD mit einer Pulsdauer von 360 bis 450  $\mu$ s verursacht eine intravaskuläre Koagulation. Sehr viel kürzere Pulse (1,5  $\mu$ s) verursachen microvaskuläre Rupturen und Blutungen, die wahrscheinlich durch die Wärmeabgabe bedingt sind (Garden et al. 1986). Größere Pulsbreiten als die kalkulierte TRT führen zu thermaler Diffusion durch die Gefäße, wodurch das umliegende Gewebe geschädigt wird und das Risiko einer Narbenbildung entsteht.

Garden und Mitarbeiter (1986) fanden in einer mikroskopischen Untersuchung: oberflächliche Microgefäße der Haut haben TRTs im Bereich von einigen hundert Mikrosekunden (Kapillaren und sehr kleine Gefäße) bis Millisekunden (Arteriolen und Venolen), je nach Größe (Anderson & Parrish 1981; Anderson & Parrish 1983). Die Pulsdauer von 1  $\mu$ s ist viel kürzer als die TRT selbst kleinster Hautgefäße, und selbst kürzer als die TRT einzelner Erythrozyten. Äußerst schnelle thermische Expansion, Microvaporisation (Verdampfen) und mechanische Zerstörung können bei solchen kurzen Pulsen vorkommen. Bei 1,5  $\mu$ s Pulsdauer kommt es zur Obliteration vieler Gefäße mit mäßigen bis massiven Einblutungen in die papilläre (stratum papillare = oberflächlicher Anteil der Dermis) und reticuläre Dermis (stratum reticulare = tieferer, größerer Teil der Dermis, mit Kollagen- und elastischen Fasern).

Zumindest bei höheren Dosen denaturiert perivaskuläres Kollagen. Bei 360  $\mu$ s entstehen selten Blutungen und die vaskuläre Architektur scheint erhalten zu bleiben. Die vorherrschende Veränderung ist die Verschmelzung von Erythrozyten, endotheliale Zellen und Adventitiazellen werden hyperchromatisch, aber nicht zerrissen. Die Gefäßzerstörung ist bei 360  $\mu$ s Pulsbreite größer als bei 1,5  $\mu$ s bzw. 20  $\mu$ s. Die Autoren schließen, dass Purpura bzw. Blutungen bei längeren Pulsbreiten scheinbar durch ein intravasales Koagulum entstehen und nicht durch Extravasation (=Blutung in umgebendes Gewebe). Das Abnehmen von Microgefäß-Rupturen ab 20  $\mu$ s Pulslänge ist dabei vom klinischen Standpunkt aus gesehen das wichtigste Kriterium. Für Gefäßdurchmesser von 10 bis 40  $\mu$ m reicht die TRT von 200 bis 3000  $\mu$ s. Während die Wellenlänge für das selektive Generieren von Hitze in der Zielstruktur verantwortlich ist, bestimmt die Expositionszeit (Pulsdauer) weitgehend den Umfang, in dem die Erwärmung auf die Zielstruktur während der Belichtung begrenzt ist.

Die Untersuchungen mit verschiedenen Pulsbreiten von 1,5  $\mu$ s, 20  $\mu$ s, 56  $\mu$ s, 200  $\mu$ s und 360  $\mu$ s zeigen, dass Pulsbreiten < 20 $\mu$ s (unter Verwendung eines FPD mit 577nm Wellenlänge) Gefäßrupturen mit Blutungen verursachen, wahrscheinlich durch heftige Verdampfung/Vaporisation der Erythrozyten, schnelle thermische Expansion und mechanische Ruptur der Gefäße mit Blutung/Hämorrhagie, während längere Pulsbreiten keine signifikanten Blutungen verursachen. Die selben Autoren (Garden et al. 1988) behandelten Nävi flammee mit 577 nm Wellenlänge und 20  $\mu$ s bzw. 360  $\mu$ s Pulsdauer, entsprechend der kleinsten und größten praktikablen Pulsdauer, ermittelt in der Studie von 1986 (Garden et al. 1986). Als Ergebnis wurde eine bessere Aufhellung bei 360  $\mu$ s gefunden, bedingt durch die komplettere und/oder permanente Gefäßzerstörung. Wenn die TRT überschritten wird, streut die Strahlungshitze rasch in das umgebende Gewebe und es kann zu unerwünschten thermischen Zerstörungen kommen (Garden et al. 1986).

Größere Gefäße mit mehr roten Blutkörperchen weisen eine größere Absorption des Laserlichts bereits in oberflächlichen Gefäßen auf, wodurch tiefer liegende Gefäße praktisch vom Laserlicht „abgeschirmt“ werden. Daraus resultiert eine geringere Aufhellung der Läsion.

#### 2.6.2.3 Klinischer Einsatz

Die Frage der Pulsdauer geht immer auch mit dem Problem einher, welchen Effekt der Laserstrahl erzielen kann. Hierzu geben Hohenleutner und Mitarbeiter (1998a) für die Behandlung von Besenreisern mit dem FPD an, dass es abhängig von der Gefäßgröße, bei größeren Gefäßen durch deren TRT (1-10 ms, nach Dierickx et al. 1995a), schon in den oberen Schichten behandelte Gefäße zu einer nahezu vollständigen Absorption des verwendeten Laserlichts kommt. Dies führt zu einer ungenügenden Erhitzung über den gesamten Gefäßquerschnitt (Hohenleutner et al. 1995b). Der maximale Gefäßdurchmesser, bei dem ein ausreichender thermischer Effekt noch erzielt werden kann (Sklerosierung der Gefäße), liegt bei etwa 100  $\mu$ m. Histochemische Untersuchungen von Nävus flammeus-Biopsien nach FPD-Behandlung mit 450  $\mu$ s Pulsdauer (Hohenleutner et al. 1995b) haben ergeben, dass oberflächliche Gefäße bis 150  $\mu$ m Durchmesser, ohne weitere Hautschädigung bis zu einer Tiefe von 0,65 mm komplett koaguliert werden können. Außerdem werden die roten Blutkörperchen geschädigt (Agglutination und Homogenisierung der Gefäßwände). Größere (> 200 $\mu$ m) und tiefer liegende Gefäße werden wegen „Schatteneffekten“ oberflächlicher Gefäßschichten nicht koaguliert.

#### 2.6.2.4 Eigene Erfahrungen

Das hier verwendete Gerät hatte eine einstellbare Pulsbreite von 200  $\mu$ s und 300  $\mu$ s. Aus Praktikabilitätsgründen wurden 200  $\mu$ s als Standardbehandlungszeit vorgegeben. Der Wechsel dieser Zeit war nur möglich nach vorherigem Ausschalten des Geräts mit entsprechender Wartezeit und Notwendigkeit der erneuten Kalibrierung und erneutem

Umschalten nach Abschluss der jeweiligen individuellen Behandlung. Die kürzere Impulszeit hatte zudem den Vorteil, dass der Farbstoffverbrauch deutlich geringer war. Zusätzlich war es nur unmittelbar nach dem Farbstoffwechsel möglich, den 300 µs-Puls einzustellen. War schon ein Teil des Farbstoffs verbraucht und eine Behandlung bei 200 µs noch problemlos möglich, war eine Kalibrierung mit einem 300 µs-Impuls mangels verfügbarer Farbstofflösungsaktivität nicht mehr möglich. In einigen wenigen Fällen, die auf 200 µs-Pulse nicht mehr ansprachen, wurde dennoch eine Pulsdauer von 300 µs verwendet, um zu versuchen, ob damit bessere Behandlungsergebnisse zu erzielen sind. Aufgrund der wenigen verfügbaren Daten in unserer Untersuchung lässt sich allerdings hierzu keine sichere Bewertung abgeben.

#### 2.6.2.5 Fazit

Abschließend kann man sagen, dass bei der Wahl der Pulsdauer im Einzelfall mögliche Unterschiede nicht sicher auszuschließen sind. Dies ist auf die Individualität der Zielstrukturen bei einzelnen Patienten zurückzuführen. Da sich keine signifikanten Abweichungen bei der Verwendung der verschiedenen Pulsbreiten ermitteln lassen, sind die Unterschiede nur von geringer klinischer Bedeutung. Eine endgültige Empfehlung für die Wahl der Wellenlänge im Bereich von 200 µs bzw. 450 µs kann daher nicht gegeben werden.

### **3. Gütegeschalteter Neodym:YAG-Laser (q-sw Nd:YAG)**

#### **3.1 Indikationen und Ansprechraten (Ergebnisse)**

##### **A. Indikationen allgemein**

###### **A.1 Literatur**

Zielstrukturen bei Behandlung mit dem q-sw Nd:YAG sind intrazelluläres Melanin (Melanosomen in pigmenthaltigen Zellen) sowie Farb- und Schmutzpartikel in Epidermis und Dermis. Entsprechend lassen sich die mit dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser behandelten Diagnosen analog **Tabelle 2** in exogen bzw. endogen bedingte und andere Dermatosen gliedern. Die exogenen wurden zusätzlich in freiwillig, traumatisch und postoperativ entstanden unterteilt. Endogen lässt sich eine Unterscheidung in epidermal, kombiniert epidermal/dermal und dermal treffen. Alle Indikationen für den q-sw Nd:YAG, die sich in der Literatur finden, sind in **Tabelle 15** zusammengefasst und den von uns behandelten Diagnosen gegenübergestellt.

Tabelle 15: Indikationen für den q-sw Nd:YAG in der Literatur und in unserem Patientengut

| Diagnosen |                             | Autoren                                |    |     |    |   |
|-----------|-----------------------------|--|----|-----|----|---|
| Gruppe    | Diagnosen                   | I                                      | II | III | IV | V |
| EXOGEN    | freiwillig                  | 1. Tätowierung                         | x  | x   | x  | x |
|           |                             | 2. Laientätowierung                    | x  | x   | x  | x |
|           |                             | 3. Profitätowierung                    | x  | x   | x  | x |
|           | traumatisch<br>postoperativ | 1. Schmutztätowierung                  | x  | x   | x  | x |
|           |                             | 1. Narbe, pigmentiert                  | x  |     |    |   |
|           |                             |  |    |     |    |   |
| ENDOGEN   | epidermal                   | 1. Café-au-lait-Fleck                  | x  | x   | x  | x |
|           |                             | 2. Lentigo benigna                     | x  | x   | x  | x |
|           |                             | 3. Nävus spilus                        | x  | x   | x  | x |
|           | andere Autoren              | 4. Pigmentierte seborrhoische Keratose |    | x   | x  |   |
|           |                             |  |    |     |    |   |
|           |                             |  |    |     |    |   |
|           | epidermal/dermal            | 1. Becker-Nävus                        | x  | x   |    |   |
|           | dermal                      | 1. Chloasma                            | x  |     |    | x |
|           |                             | 2. Melasma                             | x  |     |    | x |
|           |                             | 3. Nävus Ota                           | x  | x   | x  | x |
| ANDERE    |                             | 1. Hyperpigmentierung                  | x  | x   | x  | x |
|           |                             | 2. Hypertrichose                       | x  | x   | x  |   |

Tabelle 16: Legende zu Tabelle 15

|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| I   | Aktuelle Untersuchung 2003       |
| II  | Raulin & Greve Schattauer 2001   |
| III | Greve & Raulin Hautarzt 2000     |
| IV  | Hellwig et al. Hautarzt 1998     |
| V   | Hruza et al. Arch Dermatol. 1993 |

## A.2 Eigene Daten

Die von uns mit dem q-sw Nd:YAG behandelten Diagnosen sind in den **Tabellen 2 und 15** zusammengefasst. Es fällt auf, dass sich die Diagnose „pigmentierte Narbe“ in der Literatur nicht findet. Allerdings handelte es sich hier um Hyperpigmentierungen bzw. Pigmentpartikel in einer Narbe. Andererseits wurden von uns keine Patienten mit pigmentierter seborrhoischer Keratose behandelt.

## B. Indikationen speziell

### B.1 Exogen

#### B.1.1 Tätowierungen

##### B.1.1.1 Definitionen

###### B.1.1.1.1 Schmucktätowierung (Laien- und Profitätowierung)

Als Schmucktätowierung bezeichnet man das Einstechen von Farbstoffen durch Nadelstiche in die Dermis. In der Regel handelt es sich hierbei um freiwillig entstandene Läsionen. Reinsubstanzen in Tätowiertuschen können unter anderem sein: gelbes Kadmiumsulfid (=Kadmiumgelb, CdS), rotes Eisenoxid (=Oxidrot,  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), rotes Quecksilbersulfid (=Zinnober, HgS), grünes Chromoxid (=Casalisgrün,  $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), weißes Titanoxid (TiO<sub>2</sub>), weißes Zinkoxid (ZnO) oder schwarzer Graphit (=Kohlenstoff, C) (Brunner et al. 1987). Neben diesen Schwermetallverbindungen kommen auch synthetische anorganische Farbstoffe

in Frage, vor allem bei neueren Tätowierungen (Hindson et al. 1995; Waldmann & Vakilzadeh 1997).

Man unterscheidet zudem Laientätowierungen, von Hand, meist mit Haushalts-Nadeln in die Haut eingebrachte Farbpigmente, und Profitätowierungen, mit Tätowiermaschinen in die Haut eingestochene Farbpigmente. Letztere wirken klinisch homogener und prägnanter. Dies ist durch den vermehrten Farbstoffgehalt bedingt.

#### **B.1.1.1.2 Schmutztätowierung**

Als Schmutztätowierung bezeichnet man dauerhafte Einlagerungen von Pigmenten nach mechanisch bedingtem Eindringen von Fremdkörpermaterial in der Regel als Folge von Unfällen mit Feuerwerkskörpern, von Pulverschmauchverletzungen oder von Straßenunfällen, als Explosions-, Inokulations- oder Abschürfungstraumata. Als Fremdkörper kommen Staub, Erde, Asphalt, Kohlestaub, Metall- oder Schwarzpulver, aber auch Bleistift- oder Buntstiftfarben in Frage. Das Eindringen speziell von Metallsplintern in die Haut löst hierbei eine bräunliche Verfärbung (Siderose, eigentlich: Eisenablagerung) aus.

#### **B.1.1.2 Behandlungsindikation**

Das Tragen dekorativer Schmucktätowierungen wird seit etlichen Jahren immer beliebter. In gleicher Weise steigt aber auch der Wunsch nach dem Entfernen von Tätowierungen einige Zeit später aufgrund veränderter Lebenssituationen. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass zunehmend junge Menschen Schmucktätowierungen tragen. So hat eine Studie in amerikanischen Highschools ergeben (Armstrong et al. 1996), dass 9 Prozent der Jugendlichen dort bereits tätowiert waren und 33 Prozent der nichttätowierten Schüler eine Tätowierung zumindest in Erwägung zogen. Hinzu kommen Einzelschicksale, wie bei einem unserer Patienten, der sich die eintätowierte Lagernummer aus dem Konzentrationslager Auschwitz glücklicherweise erfolgreich entfernen ließ oder ein junger Mann, dessen Tätowierungen am Arm ihn von der Arbeit beim Bundesgrenzschutz ausschlossen, oder ethnische Tätowierungen bei Patienten aus Eritrea.

Bei Schmutztätowierungen, die sich in den meisten Fällen in gut sichtbaren Körperregionen (Gesicht, Handrücken) befinden, steht die ästhetische Beeinträchtigung durch die in der Regel unfreiwillig entstandenen farbigen Einsprengungen im Vordergrund. Auch hier kommen dermatologische Komplikationen wie Narbenbildung durch Kratzen oder Eigenmanipulation in Frage.

Während die reine Entfernung der Farbe mit dem q-sw Nd:YAG-Laser durchgeführt werden kann, ist bei einer allergischen Reaktion gegen einen Tätowierungsfarbstoff, oft rote Farbe (Waldmann & Vakilzadeh 1997), eine operative Entfernung die einzige Möglichkeit. Hier ist nicht absehbar, ob die selektive Photothermolyse des Farbstoffs dessen Antigenität tatsächlich beseitigt, oder ob weiterhin allergische Reaktionen, möglicherweise dann auch in den regionalen Lymphknoten, auftreten können. Derartige Befunde wurden hier nicht behandelt.

#### **B.1.1.3 Ergebnisse**

Bei den Schmucktätowierungen konnte in 81 Prozent der Fälle ein Erfolg erzielt werden, wobei die Behandlung von Laientätowierungen mit 92,1 Prozent erfolversprechender war als die Behandlung von Profitätowierungen mit einer Erfolgsrate von 60 Prozent (siehe **Tabelle 7**). Behandlungen von Schmutztätowierungen wurden zu 100 Prozent erfolgreich abgeschlossen.

Ursache ist der meist geringere Pigmentgehalt bei den akzidentellen Schmutztätowierungen. Wie dargestellt, unterscheiden sich Laien- und Profitätowierungen einerseits durch die Menge an Pigment im Gewebe. Weiterhin werden von Profitätowierern auch stabilere Farbstoffe verwendet. Schließlich sind Laientätowierungen meist blauschwarz oder schwarz, während Profitätowierungen oft mehrere Farben aufweisen. Je nach deren Absorptionseigenschaften

### B.1.1.5 Dosis

Die meisten Behandlungen wurden bei 1064 nm mit einer Dosis von 6 bis 7 J/cm<sup>2</sup> durchgeführt. Die häufigere Verwendung von 1064 nm Wellenlänge ist auf den hohen Anteil dunkel gefärbter (blau) und schwarzer Tätowierungen zurückzuführen.

Bei 532 nm Wellenlänge wurden am häufigsten Fluences von 2 bis 3 J/cm<sup>2</sup> verwendet.

Ähnliche Angaben finden sich auch in der Literatur (Kilmer et al. 1993; Werner et al. 1999). Allerdings verwenden diese Autoren bei Applikation mit 1064 nm Wellenlänge auch Fluences bis herunter zu 2,9 J/cm<sup>2</sup> (Werner et al. 1999), während in der vorliegenden Studie bei dieser Wellenlänge immer mindestens eine Dosis von 4,6 J/cm<sup>2</sup> verwendet wurde. Raulin und Emonds (1998) behandelten einen Patienten mit Schmutztätowierung mit 1064 nm Wellenlänge mit 4,7 bis 5,2 J/cm<sup>2</sup> erfolgreich.

#### B.1.1.5.1 Tätowierungsfarben

In der vorliegenden Studie wurden mit einer Wellenlänge von 1064 nm die Farben blau, schwarz, grün und türkis behandelt. Mit 532 nm Wellenlänge wurden die Farben rot, orange und grün behandelt. Da in vielen Fällen die Farbe grün bei 532 nm Wellenlänge schlecht ansprach, wurde häufig mit 1064 nm Wellenlänge mit besserem Erfolg weiter behandelt. Die Farben türkis und gelb sprachen auf die Behandlung mit dem q-sw Nd:YAG nur schlecht an und ließen sich nicht ohne Residuen entfernen. Alle andere Farben zeigten gute Ansprechraten. Dies deckt sich mit den Angaben in der Literatur (Landthaler & Hohenleutner 1999).

Vergleicht man die Ergebnisse mit den anderen Lasern, die zur Entfernung von Tätowierungsfarbstoffen verwendet werden (gütegeschalteter Rubinlaser, gütegeschalteter Alexandritlaser), ergibt sich folgendes Bild: während der q-sw Nd:YAG bei roten und orangefarbenen Tätowierungen eingesetzt werden kann, zeigen die beiden anderen Laser hier keine Indikation. Dafür ist deren Einsatz bei grünen Farbstoffen erfolgversprechender (Fitzpatrick & Goldman 1994; Levine & Geronemus 1995b; Werner et al. 1999).

Tabelle 17: Ansprechen von Tätowierungsfarben auf gütegeschaltete Lasersysteme  
(+ = vorwiegend Aufhellung; o = bedingt erfolgversprechend; - = keine Aufhellung) nach eigenen Ergebnissen (q-sw Nd:YAG) bzw. nach Landthaler & Hohenleutner (1999) und Greve & Raulin (2002)

| Farbe   | q-sw Nd:YAG (1064nm) | q-sw Nd:YAG (532nm) | q-sw Rubinlaser | q-sw Alexandritlaser |
|---------|----------------------|---------------------|-----------------|----------------------|
| Schwarz | +                    | -                   | +               | +                    |
| Blau    | +                    | -                   | +               | +                    |
| Rot     | -                    | +                   | -               | -                    |
| Orange  | -                    | +                   | -               | -                    |
| Grün    | o                    | o                   | +               | +                    |

#### B.1.1.6 Anzahl der Behandlungen

Die meisten Behandlungen beim eigenen Patientenkollektiv konnten nach bis zu 7 Sitzungen (66 Prozent) erfolgreich abgeschlossen werden. Kleinflächige Tätowierungen, vor allem Schmutztätowierungen, konnten größtenteils in Einzelsitzungen erfolgreich behandelt werden. Die eigenen Daten decken sich mit denen in der Literatur. Ferguson und August (1996) benötigten im Durchschnitt 6,3 Sitzungen zur erfolgreichen Behandlung von Schmucktätowierungen (bis zu 11 Sitzungen). Werner und Mitarbeiter (1999) geben durchschnittlich 6,9 Sitzungen zum erfolgreichen Entfernen schwarzer Laientätowierungen an. Bis zu 19 Sitzungen waren hier für die Entfernung mehrfarbiger Tätowierungen nötig. Im eigenen Patientengut waren es bis zu 21 Sitzungen für eine einzelne Tätowierung (siehe **Tabelle 8**). Profitätowierungen benötigten vergleichsweise mehr Behandlungen als Laientätowierungen bzw. Schmutztätowierungen. Auch dies deckt sich mit den Angaben in der Literatur



(Ferguson & August 1996; Ferguson et al. 1997; Werner et al. 1999). Als Begründung findet sich in der Regel der höhere Gehalt an Farbpigmenten gegenüber Laientätowierungen (Ferguson et al. 1997). Allerdings wurden von uns auch Laientätowierungen mit höherer Sitzungsanzahl behandelt (bis zu 27 Sitzungen). Auf das Problem der häufigeren Behandlung bei großflächigen Befunden wurde bereits eingegangen.

Abschließend ist zu sagen, dass die Anzahl der Behandlungen nicht allein auf die Qualität oder Beschaffenheit der Tätowierung zurückzuführen ist. Vielmehr spielen die Größe und selbstverständlich auch die Anzahl der behandelten Tätowierungen eine Rolle. Nicht zuletzt ist die Anzahl der Behandlungen auch auf die pro Sitzung behandelte Fläche zurückzuführen.

Da sich in keiner Literaturstelle definierte Normen bezüglich dieser Fragestellung finden, ist eine genauere Wertung hier nicht möglich. Tatsache bleibt, dass die meisten Behandlungen nach bis zu 7 Sitzungen mit Erfolg abgeschlossen werden konnten. Patienten sind allerdings darüber aufzuklären, dass die Anzahl der Sitzungen im Einzelfall unter Umständen auch weit höher sein kann.

#### **B.1.1.7 Behandlungsintervalle**

Die meisten Behandlungen wurden in Intervallen von 3 bis 10 Wochen durchgeführt. Kürzere Intervalle sind möglich, wenn große Flächen abschnittsweise oder mehrere Tätowierungen behandelt werden, so dass unterschiedliche Regionen oder Tätowierungen in den einzelnen Sitzungen behandelt werden können.

Andere Autoren empfehlen vergleichbare Intervalle, z.B. Anderson und Mitarbeiter (1993) 3 bis 5 Wochen und Kilmer und Mitarbeiter (1993) 3 bis 4 Wochen und Ferguson und August (1996) 4 bis 6 Wochen.

Auch die Schmerzhaftigkeit der Behandlung oder die Neigung zu Hyperpigmentierungen waren Gründe dafür, längere Behandlungsintervalle zu wählen. Auf das Ergebnis bzw. den erzielten Aufhellungsgrad hatte dies keinen Einfluss.

Sehr lange Abstände von bis zu 821 Tagen (fast 2 ½ Jahre) gehen auf Behandlungsunterbrechungen zurück sowie die Tatsache, dass es sich bei allen Sitzungen um Privatbehandlungen handelte, bei denen die Kosten vom Patienten komplett zu tragen waren.

#### **B.1.2 Postoperative pigmentierte Narbe**

Narben stellen ein derbes und weißglänzendes, aus Granulationsgewebe entstehendes faserreiches, zell- und gefäßarmes Bindegewebe dar. Bei den genannten Fällen handelte es sich um Narben, die nach Operationen im Bereich der Einschnittwunden entstanden.

Wir konnten keinen erfolgreichen Abschluss erzielen, bei einem ohne Erfolg abgeschlossenen Fall.

Narbenbehandlungen mit dem q-sw Nd:YAG kommen nur bei pigmentierten Narben in Frage. Melaninhaltige postinflammatorische Hyperpigmentierungen und residuelle Pigmenteinsprengungen (z.B. narbige Schmutztätowierung) können in geeigneten Fällen zur Abblassung gebracht werden (Kaufmann 1992a; Kaufmann 1997). Wie oben erwähnt, handelt es sich um eine Sonderform der Schmutztätowierung. Daher unterscheiden sich in der Regel die Ansprechraten nicht von Pigmentierungen und Fremdkörpertätowierungen. Mögliche Misserfolge lassen sich demnach darauf zurückführen, dass ein Erfolg im Sinne eines Verschwindens der Narbe nicht zu erzielen ist.

## **B.2 Endogen**

### **B.2.1 Café-au-lait-Fleck**

Als Café-au-lait-Fleck werden umschriebene, meist bereits bei Geburt vorhandene Hyperpigmentierungen bezeichnet. Es handelt sich hierbei um hellbraune (charakteristisch: „milchkaffeefarben“), unregelmäßige und scharf begrenzte, ein bis mehrere Zentimeter große gleichmäßige Maculae.

Diese Indikation wurde einmal erfolglos behandelt.

Auch andere Autoren berichten über eher mäßige Erfolge bei der Behandlung von Café-au-lait-Flecken. Eine vollständige Aufhellung konnte nicht erzielt werden, es traten Rezidive und erneute Pigmentierungen auf (Grossmann et al. 1995; Stratigos et al. 2000).

### **B.2.2 Lentigo benigna**

Lentigo benigna ist eine gutartige epidermale Pigmentvermehrung. Man unterscheidet Lentigo simplex und Lentigo senilis. Lentigo simplex ist eine sehr häufige umschriebene Hyperpigmentierung der Haut durch Hyperplasie epidermaler Melanozyten. Man findet hell- bis dunkelbraune, regelmäßig und scharf begrenzte 1-3 mm große Maculae. Es gibt keine Prädispositionsstellen und keine Beziehung von Lichtexposition und Lentiginen.

Als Lentigo senilis bezeichnet man unregelmäßig begrenzte, hellbraune Maculae, die in der chronisch lichtexponierten Haut älterer Personen auftreten.

In unserem Patientengut fanden sich 21 Patienten mit Lentiginen. Wir erzielten in 91 Prozent der Behandlungen einen Erfolg.

Unsere Ergebnisse stimmen damit mit den Angaben einiger Autoren überein. Akita und Mitarbeiter (2000) entfernten 100 Prozent labialer Lentiginen in 1 bis 2 Sitzungen. Kilmer und Mitarbeiter (1994) erreichten hingegen lediglich bei 60 Prozent ihrer behandelten Patienten mit dem frequenzverdoppelten q-sw Nd:YAG (532 nm Wellenlänge) eine mindestens 75-prozentige Aufhellung. Einschränkend ist hierzu zu sagen, dass diese Autoren ihre Ergebnisse nach nur einer Behandlung werteten.

### **B.2.3 Nävus spilus**

Der Nävus spilus ist ein kongenitaler, hellbraun pigmentierter Pigment-Nävus mit kleinen dunkleren Herden, die durch Nävuszell-Nävi hervorgerufen werden. Er ist gekennzeichnet durch unregelmäßige aber scharf begrenzte, meist mehrere Zentimeter große hellbraune Flecken, in denen sich eingesprenkelt kleine melanozytäre Nävi oder nävoide Lentiginen finden.

Der von uns mit dieser Diagnose behandelte Patient brach nach 16 Sitzungen die Behandlung ab. Er ist nicht mehr erschienen, obwohl mehrfach eine „gute Aufhellung“ bescheinigt wurde. Die Behandlung wurde mit 532 nm Wellenlänge durchgeführt. Es ist davon auszugehen, dass es sich bei der durchgeführten Behandlung um einen Erfolg gehandelt hat, allerdings ist dieser aufgrund fehlender Dokumentation nicht abschließend darstellbar. Es bleibt auch offen, ob nach initialer Aufhellung eine Repigmentierung erfolgte.

Die prinzipielle Eignung des q-sw Nd:YAG für die Behandlung des Nävus spilus wird von vielen Autoren bestätigt (siehe **Tabelle 15**). Kilmer und Mitarbeiter (1994) bestätigen die Problematik, dass häufig eine hohe Anzahl von Sitzungen aufgrund eines schlechten oder verspäteten Ansprechens des q-sw Nd:YAG auf die Läsionen zu finden ist. Andere Autoren berichten über bessere Erfolge mit dem gütegeschalteten Rubinlaser (Grevelink et al. 1997b). Der q-sw Nd:YAG (532 und 1064 nm) war in dieser Studie bei drei mit beiden Lasersystemen behandelten Patienten im Vergleich zum gütegeschalteten Rubinlaser weniger bzw. nicht wirksam.

### **B.2.4 Becker-Nävus**

Der Becker-Nävus (=Melanosis naeviformis Becker-Siemens, Melanozytennävus) ist ein relativ häufiges, einseitiges, hyperpigmentiertes und behaartes Hamartom (= während der Embryonalentwicklung entstehende Fehlbildung). Überwiegend sind männliche Patienten betroffen (Mazer 2002). Die typische Manifestation im zweiten Lebensjahrzehnt ergibt sich entweder spontan oder posttraumatisch. Es handelt sich um eine einseitige, hyperpigmentierte, unregelmäßig begrenzte, behaarte Region (=Hypertrichose), meist im Bereich des oberen Stammes, v.a. der Schulter. Eine leichte Verdickung der Dermis tritt häufig auf.

Wir erzielten einen Erfolg in 43 Prozent der Fälle, entsprechend 3 von 7 Patienten. Bei einzelnen Patienten zeigte sich nach initialer Aufhellung rasch eine Repigmentierung.

Andere Autoren (Raulin & Greve 2001; Mazer 2002) berichten ebenfalls über die prinzipielle Eignung des q-sw Nd:YAG zur Entfernung der pigmentierten Komponente des Nävus. Allerdings wird die zusätzliche Behandlung der beteiligten Hypertrichose mit einem langgepulsten Laser (z.B. Rubin- oder Alexandritlaser) empfohlen.

### **B.2.5 Chloasma/Melasma**

Als Chloasma werden epidermale und dermale, meist symmetrisch auftretende, scharf begrenzte, unregelmäßig gestaltete gelblichbraune Hyperpigmentierungen im Gesicht bezeichnet. Die vorwiegenden Lokalisationen sind besonders im Stirn-, Wangen- oder Lippenbereich zu finden, meist sind Frauen betroffen. Man unterscheidet Chloasma gravidarum (während oder nach der Schwangerschaft, manchmal lange bestehen bleibend als Chloasma gravidarum perstans), Chloasma hormonale (durch Östrogene, Gestagene, Melanozyten-stimulierendes Hormon/MSH oder östrogenbildende Tumoren), Chloasma cosmeticum (Photosensibilisierung durch Furocumarine, z.B. Psoralen oder Bergapten, selten auch Vaseline) und Chloasma medicamentosum (durch Phenytoin, Hydantoin und Hydantoin-derivate, Mesantoin, Chlorpromazin sowie hormonale Kontrazeptiva). Eine Verschlechterung kann durch Gravidität oder orale Kontrazeptiva eintreten, Sonnenexposition führt zur Verstärkung.

Melasma (=Nigrities cutis) nennt man schwärzliche Hautflecken. In der Regel wird der Begriff synonym mit Chloasma verwendet.

Wir behandelten drei Patienten mit der vorliegenden Diagnose. Die Behandlungen bei 2 Patienten wurden nach der Probebehandlung als nicht erfolgversprechend beendet. In einem der Fälle wurde zudem die Unzufriedenheit des Patienten dokumentiert. Ein dritter Patient kam nach der Probebehandlung nicht mehr zur Untersuchung.

Eine vergleichbare Aussage treffen Stratigos und Mitarbeiter (2003). Ihre Ergebnisse mit dem q-sw Nd:YAG bei der Behandlung von Chloasma und Melasma werden als enttäuschend bezeichnet. In ihren Untersuchungen finden sich 30 Prozent Patienten, die geringgradig auf die Laserbehandlung ansprachen. Bei weiteren 30 Prozent kam es sogar zu einer möglicherweise persistierenden Verstärkung der Pigmentierung. Da diese Autoren auch mit anderen Lasern, vor allem dem gütegeschalteten Rubinlaser, vergleichbar schlechte Ergebnisse dokumentieren, kommen sie zu dem Schluss, dass Chloasma und Melasma keine Indikation für eine Laserbehandlung darstellen. Auch die Studien aus Regensburg bestätigen diese Ansicht (Kopera & Hohenleutner 1995; Kopera et al. 1995). Dieses Urteil wird durch die eigenen Erfahrungen bestätigt.

### **B.2.6 Nävus Ota**

Der Ota-Nävus (=Naevus fuscocoeruleus ophtalmomaxillaris) ist gekennzeichnet durch eine unilaterale, flache, blaue oder graubraune Macula im Bereich des Auges und der umgebenden Gesichtshaut. Dies entspricht dem Versorgungsgebiet des Nervus ophtalmicus und Nervus maxillaris (= Nervus Trigeminus I und II). Auch die Pigmentierung der Konjunktiven und Skleren ist möglich. Betroffen sind vorwiegend Menschen asiatischer Abstammung, meist

Japaner. In 80% der Fälle tritt der Nävus bei Frauen auf, meist kongenital (Sterry & Paus 2000). In seltenen Fällen können im Bereich eines Nävus Ota Melanome entstehen (Kunachak & Leelaudomlipi 2000).

Wir konnten zwei Patientinnen erfolgreich behandeln.

Dies deckt sich mit den Angaben in der Literatur (Geronemus 1992; Apfelberg 1995; Stratigos et al. 2000). Allerdings besteht das Risiko von Rezidiven (Chan et al. 2000b). Bei den eigenen Patienten trat kein Rezidiv auf.

### **B.3 Andere**

#### **B.3.1 Hyperpigmentierung**

Hyperpigmentierungen sind definiert als erworbene Vermehrung der Hautpigmentierung unterschiedlicher Genese. Bei 3 von 5 Patienten wurde eine erfolgreiche Behandlung dokumentiert. Der Begriff ist eigentlich unscharf und möglicherweise verbargen sich unterschiedliche Formen der Pigmentierung unter diesem Oberbegriff. Epidermale Hyperpigmentierungen, analog den o.g. Lentigines, sind besser zu behandeln als postinflammatorische Hyperpigmentierungen mit Pigmentablagerungen in Melanophagen in der Dermis, analog einem Chloasma (Kilmer & Garden 2000).

Greve und Mitarbeiter (1998) berichten über die erfolgreiche Behandlung minozyklin-induzierter Hyperpigmentierungen. In Ihrem Fallbericht schildern sie eine 90-prozentige Aufhellung nach 5 Behandlungen mit dem q-sw Nd:YAG mit 1064 nm Wellenlänge. Andere Autoren berichten auch über die erfolgreiche Behandlung postinflammatorischer Hyperpigmentierungen mit dem q-sw Nd:YAG (Kilmer et al. 1994; Tse et al. 1994).

#### **B.3.2 Hypertrichose**

Als Hypertrichose wird das Wachstum von Haaren bezeichnet, die dicker, länger oder dichter wachsen, als dies der Lokalisation, dem Alter und Geschlecht sowie der Rasse entspricht. Meist handelt es sich hierbei um eine lokalisationsuntypische Umwandlung von nichtpigmentierten Vellushaaren zu großkalibrierten, pigmentierten Terminalhaaren. Bei erworbener Hypertrichose ist dies meist mit einer Anageninduktion (Anagenphase = die Zeit, in der das Haar einen Haarschaft produziert) verbunden.

Initial wurde ein Patient erfolglos sowohl mit dem FPD-L als auch mit dem q-sw Nd:YAG behandelt.

In den letzten Jahren wurden zur Enthaarung Nd:YAG-Laser, allerdings mit deutlich längeren Pulsbreiten verwendet (Goldberg & Samady 2000). Andere Autoren verwendeten den q-sw Nd:YAG in Kombination mit Carbonlösungen, welche die Absorption in der Zielstruktur steigern (Nanni & Alster 1999). Als Ergebnisse werden Haar-Reduktionen im Bereich von 20 bis 27 Prozent bei Begutachtung nach 3 Monaten angegeben (Goldberg et al. 1997; Nanni & Alster 1997; Rogers et al. 1999). Allerdings ist nicht mit langdauernden Effekten zu rechnen. Lediglich die Haar-Qualität kann über einen längeren Zeitraum verändert werden. So gaben Patienten an, die nachwachsenden Haare seien in Struktur und Farbe feiner als vor der Laser-Behandlung (Nanni & Alster 1998a). Rogers und Glaser (2000) wendeten den q-sw Nd:YAG nach lokaler Carbonlösung-Applikation bei Pseudofollikulitis barbae bei 9 Patienten an und konnten bei Nachuntersuchungen bis 2 Monate nach der Behandlung einen deutlichen Rückgang der entzündlichen Papeln und Pusteln im Bereich von Unterkiefer und Nacken beobachten.

In der Regel sollten für die Behandlung von Hypertrichosen bzw. die Entfernung unerwünschter Behaarung langgepulste Laser oder IPL-Systeme (=Intense Pulsed Light) im Zusammenhang mit physikalischen Methoden im Rahmen einer Vorbehandlung zum Einsatz kommen (Goldberg & Samady 2000; Mazer 2002).

### **3.2 Dosis**

Wir behandelten mit 1064 nm (schwarze, blauschwarze, grüne Pigmente) und im frequenzverdoppelten Modus mit 532 nm Wellenlänge (braune, rote, orange, grüne Farben). Bei 1064 nm wurden Patienten im Bereich von 4,6 bis 14 J/cm<sup>2</sup> behandelt. Bei 532 nm wurden Patienten im Bereich von 1,2 bis 4,6 J/cm<sup>2</sup> behandelt. Der größte Anteil lag mit 11,7 Prozent aller Behandlungen und 12,7 Prozent der erfolgreich abgeschlossenen Behandlungen bei 6 J/cm<sup>2</sup> und 1064 nm Wellenlänge. Insgesamt wurden die meisten Patienten (70,8 %) mit 1064 nm Wellenlänge behandelt, überwiegend mit einer Dosis im Bereich von 5,5 bis 9 J/cm<sup>2</sup> (60 %). Bei 532 nm wurde in den meisten Fällen mit 2 bis 3 J/cm<sup>2</sup> behandelt (20 %). Insgesamt wurde die Dosis im Laufe der Behandlung mit zunehmender Abblassung des Pigments sukzessive gesteigert.

Diese Daten sind mit denen in der Literatur vergleichbar. Für 1064 nm Wellenlänge werden in der Regel Energiedichten im Bereich von 5 bis 12 J/cm<sup>2</sup> angegeben (Geronemus 1992; Kilmer et al. 1993; Apfelberg 1995; Stratigos et al. 2000). Bei 532 nm Wellenlänge finden sich Fluences im Bereich von 2 bis 5 J/cm<sup>2</sup>, vergleichbar mit den eigenen Ergebnissen. Andere Autoren verwenden auch Energiedichten lediglich um 2,5 J/cm<sup>2</sup>, in den meisten Fällen, um die Ergebnisse besser vergleichbar zu machen, vor allem mit anderen Lasern (Ferguson & August 1996; Li & Yang 1999; Todd et al. 2000).

### **3.3 Anzahl der Behandlungen**

Die meisten Behandlungen waren nach 2 bis 7 Sitzungen abgeschlossen (70 %). Dies deckt sich mit den Angaben in der Literatur. Stratigos und Mitarbeiter (2000) geben für die Behandlung dermalen pigmentierter Hautveränderungen 4 bis 6 Behandlungen für eine mindestens 75-prozentige Aufhellung an.

### **3.4 Behandlungsintervalle**

Am häufigsten lagen die Behandlungsintervalle bei Behandlung mit dem q-sw Nd:YAG in der aktuellen Untersuchung zwischen 6 und 10 Wochen.

Bei zu kurzen Zeitabständen von weniger als 4 Wochen ist das Risiko von Textur- und Pigmentveränderungen erhöht (Raulin et al. 2000).

Hellwig und Mitarbeiter (1998) sowie Raulin und Mitarbeiter (1998) empfehlen für die Entfernung von Tätowierungen monatliche Abstände zwischen den Behandlungen.

### **3.5 Nebenwirkungen**

#### **3.5.1 Einführung**

Definition und Ursachen von Nebenwirkungen werden in Punkt 2.5.1 (=Einführung bei Nebenwirkungen für den FPD) besprochen. Sie unterscheiden sich bei beiden Lasern nicht voneinander.

Bei 43 Prozent der Patienten und in 63,4 Prozent der Behandlungen wurde nicht über Nebenwirkungen berichtet. Dies bezieht sich auf die dokumentierten Nebenwirkungen. Bezüglich der obligatorischen Nebenwirkungen ist zu sagen, dass die Patienten vor jeder Behandlung hierzu aufgeklärt wurden, so dass diese unter Umständen nicht mehr angegeben wurden.

Auf einige spezielle Nebenwirkungen, die bei der Anwendung des q-sw Nd:YAG auftreten können, wird im Folgenden genauer eingegangen.

#### **3.5.2 Urticaria factitia**

Die häufigste Nebenwirkung, die bei unseren Behandlungen auftrat, war eine Urticaria factitia mit 11,9 Prozent (siehe **Abbildung 45b**). Es fanden sich bezüglich des Auftretens dieser Reaktion im Rahmen einer q-sw Nd:YAG-Behandlung keine Angaben in der Literatur.

Allerdings wird in einer Studie von Algermissen und Mitarbeitern (2002) darauf hingewiesen, dass urticarielle Reaktionen bei einer Lasertherapie prinzipiell auftreten können. Die Autoren untersuchten das Auftreten von Quaddeln nach Behandlung mit einem Argonlaser. Bei 95 Prozent der Probanden traten nach der Behandlung Urticae mit einer maximalen Ausprägung nach 15 Minuten auf. Histologische und immuno-histologische Befunde weisen darauf hin, dass diese Reaktion durch neurogene Mechanismen vermittelt wird. So sollen Neuropeptide aus den Nervenendigungen der Dermis und Epidermis, wie z.B. Substanz P, Bradykinin oder vasointestinales Peptid zur Quaddelbildung führen (Baraniuk 1997). Die Autoren vermuten, dass eine Laserbehandlung die Nervenendigungen thermisch zerstört. Unterstützt wird diese These durch das Ausbleiben dieser Urticaria factitia bei Verwendung eines Lokal-anästhetikums oder von Capsaicin vor der Laserbehandlung (Algermissen et al. 2002). Man kann davon ausgehen, dass ähnliche Mechanismen in Analogie zum Argonlaser auch für den q-sw Nd:YAG-Laser zutreffen.

### **3.5.3 Blutungen**

Blutungen waren die zweithäufigste Nebenwirkung mit 8,6 Prozent unserer Behandlungen. Keine der Arbeiten, die sich mit Nebenwirkungen des q-sw Nd:YAG beschäftigen, führt eine Angabe der Blutungswahrscheinlichkeit an. Ferguson und August (1996) fanden einen Rückgang der Blutungen bei zunehmendem Behandlungsfortschritt durch Reduktion der behandelten Farbpigmente. Dies deckt sich mit unseren Ergebnissen. Auch bei unseren Patienten traten Blutungen vor allem während der ersten Behandlungen auf, während mit fortschreitender Behandlung zunehmend weniger Blutungen als Nebenwirkung dokumentiert wurden.

Bei 532 nm Wellenlänge soll das Blutungsrisiko vor allem bei höheren Energiedichten (4 bis 5 J/cm<sup>2</sup>) erhöht sein (Nanni & Alster 1998b). Die Ergebnisse dieser Autoren können wir nicht bestätigen. Bei unseren Behandlungen mit 532 nm traten Blutungen in gleichem Maße bei geringeren Dosen (2 bis 3 J/cm<sup>2</sup>) auf wie bei höheren Dosen. Das generell vermehrte Auftreten von Blutungen bei Verwendung der Wellenlänge 532 nm gegenüber 1064 nm trat bei unserer Untersuchung ebenfalls nicht auf. 70 Prozent der dokumentierten Blutungen traten bei 1064 nm Wellenlänge auf.

### **3.5.4 Hyperpigmentierung**

Hyperpigmentierungen traten bei 6,6 Prozent der Behandlungen auf.

Dieser Anteil liegt über dem in der Literatur angegebenen (2,2 Prozent in einer Untersuchung von Werner et al. 1999). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Autoren die postinflammatorischen Hyperpigmentierungen nicht in ihre Untersuchung mit einbezogen. Außerdem handelt es sich bei der vergleichenden Arbeit um eine Retrospektivstudie, so dass davon ausgegangen werden kann, dass nur schwerwiegendere und länger andauernde Nebenwirkungen aufgenommen wurden. Bestätigt werden diese Ergebnisse durch die Angaben anderer Autoren, wo der Anteil von Hyperpigmentierungen im Bereich der eigenen Untersuchung (Kilmer et al. 1994) bzw. darüber (Chan et al. 2000a) liegt.

### **3.5.5 Krustenbildung**

2,4 Prozent der Patienten gaben Krustenbildung als Nebenwirkung an.

Nanni und Alster berichten über das Auftreten von Krustenbildungen in 1 Prozent ihrer Behandlungen mit dem q-sw Nd:YAG. Der geringere Wert ist darauf zurückzuführen, dass bei den Behandlungen (Entfernung von Haaren) der Laser nur mit 1064 nm Wellenlänge betrieben wurde (Nanni & Alster 1997). Bei Verwendung des Lasers mit 532 nm Wellenlänge ist die Nebenwirkungsrate aufgrund der höheren Absorption der Laserstrahlen von Melanin und Hämoglobin erhöht (Greve & Raulin 2000).

### **3.5.6 Blasenbildung**

Blasenbildung wurde bei 1,4 Prozent der Behandlungen als Nebenwirkung festgestellt. Dies deckt sich mit den Angaben in der Literatur. So fanden Werner und Mitarbeiter (1999) bei 1,1 Prozent ihrer untersuchten Behandlungen mit 1064 nm Wellenlänge Blasenbildung. Bei Verwendung im frequenzverdoppelten Modus (532 nm Wellenlänge) lag die Quote mit 7,5 Prozent allerdings höher.

### **3.5.7 Hypopigmentierung**

Bei lediglich 0,9 Prozent der Behandlungen kam es zu Hypopigmentierungen.

Diese Quote liegt deutlich unter den Angaben in der Literatur. Werner und Mitarbeiter (1999) geben bei Verwendung von 1064 nm Wellenlänge bei 4,3 Prozent und bei 532 nm Wellenlänge 15,1 Prozent der Behandlungen Hypopigmentierungen an. Kilmer und Mitarbeiter (1994) geben 10,2 Prozent bei der Behandlung pigmentierter Hautveränderungen mit dem q-sw Nd:YAG im frequenz-verdoppelten Modus mit 532 nm Wellenlänge an. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass initial mit niedrigeren Energiedichten behandelt wurde und die Dosis erst bei den Folgebehandlungen langsam gesteigert wurde.

### **3.5.8 Narbenbildung**

Bei 0,2 Prozent der Fälle entstanden Narben. Dies entspricht 3 Patienten, wobei zumindest in einem Fall vom Behandler eine fragliche Genese angegeben wird. Diese Ergebnisse decken sich mit denen in der Literatur, wo Narbenbildungen ebenfalls nur in Einzelfällen angegeben werden (Ferguson & August 1996; Werner et al. 1999). Andere Autoren finden keine Narbenbildung in ihrem Patientengut (Kilmer et al. 1994; Nanni & Alster 1999).

### **3.5.9 Andere**

Unmittelbar nach dem Auftreffen des Laserimpulses kommt es zu einer umschriebenen weißlichen Verfärbung der Haut (siehe **Abbildung 45b**). Diese stellt das Ergebnis einer explosionsartigen Hitzeentwicklung von über 1000° Celsius mit anschließendem Verdampfen von Gewebewasser dar. Nach einigen Minuten ist diese wieder verschwunden. Bei höheren Energiedichten ( $> 5 \text{ J/cm}^2$ ) treten obligat epidermale Rupturierungen mit nachfolgenden punktförmigen Blutungen und Krustenbildung auf (Kilmer et al. 1993; Ferguson & August 1996; Raulin et al. 2000). Innerhalb von 10 bis 12 Tagen kommt es zur Abheilung (Werner et al. 1999).

Verbrauch von 30 Flaschen in diesem Zeitraum. Dies sind weitere 45.000 €. Ein einzelner Schuss kostet demnach ungefähr 8 Cent, ohne Geräte- und Unterhaltungskosten.

#### **4.2 Aufwendungen für den q-sw Nd:YAG-Laser**

Der Neupreis für den gütegeschalteten Nd:YAG-Laser „MedLite Dermatologie-Laser“ der Firma Continuum Biomedical Inc. betrug umgerechnet 48.500 €.

Für die Instandhaltung des Lasers sind im Behandlungszeitraum Kosten in Höhe von 5.800 € aufgewendet worden. Dies entspricht 12 Prozent des Anschaffungspreises.

Vergleicht man die beiden Laser bezüglich der aufgewendeten Kosten, so fällt auf, dass der q-sw Nd:YAG sowohl in der Anschaffung als auch in der Unterhaltung deutlich preiswerter ist. Dies liegt daran, dass er als Festkörperlaser kein Verbrauchsmaterial benötigt. Aber auch bezüglich der Wartungskosten ist er auf einem deutlich geringeren Preisniveau anzusiedeln, sowohl absolut (5.800 € gegenüber 15.800 € exklusive Farbstoffverbrauch) als auch relativ (12 Prozent des Anschaffungspreises gegenüber 23,6 Prozent). Allerdings ist das Behandlungsspektrum des FPDL auch größer als das des q-sw Nd:YAG (siehe **Tabelle 1** und **2**).

#### **4.3 Bewertung der wirtschaftlichen Aspekte**

Die Anschaffung eines dermatologischen Lasers ist immer mit hohen Kosten verbunden. Daraus ergibt sich, dass die Auswahl und Entscheidung für ein bestimmtes System unter anderem aus wirtschaftlichen Aspekten betrachtet werden muss. Es ist die Frage zu stellen, ob ein Laser rentabel zu betreiben ist. Dabei darf nicht vergessen werden, dass für jede Diagnose mehrere Therapieoptionen bestehen. Hieraus ist die beste Therapie auszuwählen. Leon Goldman, der „Vater“ der dermatologischen Lasertherapie formulierte dies so: „if you don't need the laser, don't use it“ (Goldman 1963b).

Weder der FPDL aufgrund seiner hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten noch der q-sw Nd:YAG wegen seines engeren Indikationsspektrums zählen zu den Lasern erster Wahl bei der Auswahl für eine dermatologische Praxis (Polla 1986; Fritsch & Zelger 1990). Beide Laser sind aber durch die möglichen Erfolge im Bereich ihrer Indikationsspektren dennoch als sinnvolle Anschaffung in der Dermatologie zu bezeichnen.

### **5. Abschließende Betrachtungen**

Damit lassen sich die eingangs gestellten Fragen wie folgt beantworten.

Auch unter Praxisbedingungen und mit wechselnden Behandlern über einen längeren Zeitraum ist ein erfolgreicher Einsatz dieser beiden Laser möglich.

Die Hauptindikationen für den FPDL sind Nävus flammeus und Hämangiome. Hier sind erfolgreiche Behandlungen (Besserung > 50 Prozent bzw. Stoppen des Wachstums) in 80 Prozent möglich.

Dementsprechend können die Patienten bei den Hauptindikationen über diese Erfolgsquote beraten werden. Die Anzahl der Behandlungen liegt hierbei bei 4 bis 11 Behandlungen für Nävi flammei und 2 bis 7 Behandlungen bei Hämangiomen.

Die Nebenwirkungsrate liegt insgesamt bei knapp 16 Prozent, wobei vor allem mit dem Auftreten von Krustenbildung und transienten Hyperpigmentierungen zu rechnen ist. Zusätzlich muss über das obligate Auftreten von Purpura nach der Behandlung aufgeklärt werden.

Neben den Hauptindikationen kann der FPDL auch bei den in **Tabelle 3** und **4** dargestellten Diagnosen eingesetzt werden.



Der q-sw Nd:YAG-Laser ist gut geeignet für die Behandlung von Schmuck- und Schmutztätowierungen sowie Lentigines. Die Erfolgsrate liegt hierbei bei über 75 Prozent.

Diesbezüglich können die Patienten aufgeklärt werden. Im Durchschnitt werden für eine erfolgreiche Behandlung 7 Sitzungen benötigt. Die Patienten sind darüber zu informieren, dass vor allem bei ausgedehnten Läsionen auch deutlich mehr Behandlungen erforderlich sein können.

Nebenwirkungen sind bei 40 Prozent der Behandlungen zu erwarten, am häufigsten ist mit Urticaria factitia, Blutungen und transienten Hyperpigmentierungen zu rechnen. Die Patienten müssen weiter auf das obligate Auftreten von Krustenbildung und weißlichen Verfärbungen direkt nach der Behandlung (siehe **Abbildung 45b**) hingewiesen werden.

Weitere Diagnosen, bei denen ein erfolgsversprechender Einsatz des q-sw Nd:YAG-Lasers zu erwarten ist, sind **Tabelle 7** zu entnehmen.

Damit zeigt die vorliegende Studie, dass die Erfolgsparameter der initialen Studien unter kontrollierten Bedingungen im klinischen Einsatz nicht ganz erreicht werden, aber beide Geräte auch für den klinischen Einsatz sehr gut geeignet sind.

## **V. Zusammenfassung**

### **Hintergrund und Fragestellung**

Der FPDL mit einer Wellenlänge von 585 nm hat sich in der Dermatologie für die Behandlung gutartiger Gefäßerkrankungen bewährt. Erfahrungen bei größeren Patientenkollektiven findet man hingegen nur selten, über die Verwendung einer Wellenlänge von 588 nm wurde bisher nicht berichtet.

Güteschaltete Laser werden in der Dermatologie erfolgreich für die Behandlung von Erkrankungen mit Beteiligung pigmenthaltiger Zellen sowie Farb- und Schmutzpartikel in Epidermis und Dermis eingesetzt. In der Literatur dominieren dabei Berichte über den güteschalteten Rubinlaser, während Erfahrungsberichte zum q-sw Nd:YAG-Laser selten zu finden sind.

### **Ziel der Untersuchung**

Um das Indikationsspektrum sowie die Erfolgs- und Nebenwirkungsraten eines FPDL sowie eines q-sw Nd:YAG-Lasers unter klinischen Alltagsbedingungen zu definieren, wurden die Behandlungsdaten der zwischen November 1995 und Dezember 2000 in der Universitäts-Hautklinik Frankfurt am Main behandelten Patienten ausgewertet.

### **Material und Methode**

Die prospektiv in einer Datenbank erfassten Patientendaten und Behandlungsparameter, die Karteikarten der im genannten Zeitraum behandelten Patienten sowie das Fotoarchiv des Zentrums der Dermatologie wurden retrospektiv ausgewertet.

### **Ergebnisse**

#### **1. Blitzlampen-gepumpter gepulster Farbstofflaser**

Im genannten Zeitraum wurden 345 Patienten in insgesamt 2030 Sitzungen mit einem FPDL mit 588 nm Wellenlänge behandelt. Die häufigsten Indikationen betrafen Nävus flammeus (52 % aller Behandlungen) und Hämangiome (23 % aller Behandlungen). Fast 75 Prozent der Behandlungen konnten erfolgreich abgeschlossen werden, die meisten in weniger als 7 Sitzungen. Hierfür wurden in der Regel Fluences von 6 J/cm<sup>2</sup> verwendet, bei Hämangiomen auch höhere Dosen bis 8 J/cm<sup>2</sup>. Energiedichten über 8 J/cm<sup>2</sup> kamen nur bei einzelnen Patienten zum Einsatz.

Außer der obligaten Purpura traten andere Nebenwirkungen selten auf. In weniger als 16 Prozent der Behandlungen wurden Nebenwirkungen dokumentiert. Die häufigsten betrafen Krustenbildung und Hyperpigmentierung. Diese traten in 7 bzw. 6 Prozent der Behandlungen auf. Keine Nebenwirkung war dauerhaft.

#### **2. Güteschalteter Nd:YAG-Laser**

Mit dem q-sw Nd:YAG-Laser (1064 und 532 nm Wellenlänge) wurden 247 Patienten in insgesamt 1529 Sitzungen behandelt. Häufigste Indikationen waren Schmuck- und Schmutztätowierungen (77 % aller Behandlungen) sowie Lentigines (8 % aller Behandlungen). Mehr als drei Viertel der Behandlungen konnten erfolgreich abgeschlossen werden, die meisten nach maximal 7 Behandlungen.

Bei Verwendung von 1064 nm Wellenlänge wurden in der Regel Fluences von 6 bis 8 J/cm<sup>2</sup> verwendet, bei 532 nm Wellenlänge Fluences von 2 bis 3 J/cm<sup>2</sup>.

Neben den obligat auftretenden Nebenwirkungen, vor allem Krustenbildung, trat Urticaria factitia in fast 12 Prozent der Behandlungen als häufigste Nebenwirkung auf. Weiter wurden Blutungen (8 % aller Behandlungen) und Hyperpigmentierungen (6 % aller Behandlungen) beobachtet. Alle Nebenwirkungen waren temporärer Natur. In über 60 Prozent der Behandlungen wurden keine Nebenwirkungen dokumentiert.

### **Schlussfolgerungen**

Der FPDL mit 588 nm Wellenlänge zeigt keine Nachteile gegenüber den häufig verwendeten 585 nm, in einigen Fällen sogar eher Vorteile. Der selten in der Literatur besprochene q-sw Nd:YAG-Laser stellt ein wichtiges Instrument in der Behandlung pigmentierter Dermatosen und wegen der Möglichkeit der Frequenzverdopplung ein vielseitiges Behandlungsgerät zur Behandlung verschiedener Tätowierungsfarben dar.

Unsere Untersuchungen zeigen, dass unter klinischen Alltagsbedingungen sowohl der blitzlampen-gepumpte gepulste Farbstofflaser mit einer Wellenlänge von 588 nm als auch der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser (1064 und 532 nm Wellenlänge) effektive und sichere Therapiemöglichkeiten darstellen.

Bei Kenntnis der physikalischen Wirkprinzipien lassen sich neben den bekannten Erkrankungen auch seltenere Indikationen mit vorhersagbaren Ergebnissen und geringem Nebenwirkungsrisiko behandeln.

## **VI. Summary**

### **Background**

The FPDL with 585 nm wavelength is well established in dermatologic therapy for the treatment of benign vascular lesions. Experiences in larger collectives and the use of 588 nm wavelength are rarely reported.

Quality-switched lasers are used successfully for the removal of pigmentary disorders in epidermis and dermis. While several reports describe the q-switched ruby laser only few deal with the q-switched Nd:YAG laser

### **Objective**

To define the spectrum of indications as well as the success and the side effects of FPDL and q-sw Nd:YAG lasers in clinical everyday-use, the patient data of the department of dermatology of the university Frankfurt between November 1995 and December 2000 were evaluated.

### **Methods**

The evaluation used the data of patients and treatments prospectively included in a database, the file cards of the treated persons and the photo-archives.

### **Results**

#### **1. Flashlamp-pumped pulsed dye laser**

345 patients were treated in the given period with a FPDL (588 nm wavelength; 2030 treatments). The main indications were port-wine stains (52% of treatments) and hemangiomas (23% of treatments). Nearly 75% of the cases could be treated successfully, mostly with 7 treatments or less. The fluence was 6 J/cm<sup>2</sup> for most cases, sometimes reaching up to 8 J/cm<sup>2</sup>.

Beside obligatory purpura, other side effects were rare. They were documented in less than 16% of treatments. The most frequent side effects were crusting (7%) and transient hyperpigmentation (6%). None of the side effects were permanent.

#### **2. Quality-switched Nd:YAG laser**

247 patients were treated with a q-sw Nd:YAG laser (1064 and 532 nm wavelength; 1529 treatments). The main indications were cosmetic and traumatic tattoos (77% of treatments) and lentigines (8% of treatments). More than 75% of the cases were treated successfully, mostly with 7 treatments or less.

With 1064 nm wavelength, fluences of 6 to 8 J/cm<sup>2</sup> were used. With 532 nm wavelength fluences of 2 to 3 J/cm<sup>2</sup> were used.

Beside obligatory crusting and whitening, side effects were seen in nearly 40% of treatments. The most frequent side effects were urticaria (12%), bleeding (8%) and transient hyperpigmentation (6%). Every side effect was transient. In more than 60% of all treatments no side effect was documented.

### **Conclusions**

The FPDL with 588nm wavelength has no disadvantages compared with the normally used 585 nm, in some cases a benefit was documented. The rarely discussed q-switched Nd:YAG laser is an important instrument in treating pigmented lesions of the skin. Because of the possibility of changing the wavelength to 532 nm the q-switched Nd:YAG laser is a versatile instrument for the treatment of different tattoo-colours.

Our study substantiates the effectiveness of both, the FPDL with 588 nm wavelength and the q-sw Nd:YAG (1064 and 532 nm wavelength) lasers, in the clinical everyday-use. They are safe and secure methods of therapy.

Considering the physical principles of the laser-effects also rare indications can be treated beside the main indications with foreseen results and low risk of side effects.

## VII. Literaturverzeichnis

- Abd-el-Raheem TA, Hohenleutner U, Landthaler M. Granuloma pyogenicum as a complication of flashlamp-pumped pulsed dye laser. *Dermatology* 1994; 189 (3): 283-5.
- Achauer BM, Vander Kam VM, Miller SR. Clinical experience with the pulsed-dye laser in the treatment of capillary malformations (port-wine-stains): a preliminary report. *Ann Plast Surg.* 1990; 25 (5): 344-52.
- Ackermann G, Hartmann M, Scherer K, Lang EW, Hohenleutner U, Landthaler M, Bäuml W. Correlations between light penetration into skin and the therapeutic outcome following laser therapy of port-wine stains. *Lasers Med Sci* 2002; 17 (2): 70-8.
- Adams BB, Lucky AW. Acquired port-wine stains and antecedent trauma. Case report and review of the Literature. *Arch Dermatol.* 2000; 136 (7): 897-9.
- Adams SJ, Swain CP, Mills TN, Bown SG, Salmon PR. The effect of wavelength, power and treatment pattern on the outcome of laser treatment of port-wine stains. *Br J Dermatol.* 1987; 117 (4): 487-94.
- Adrian RM. Treatment of leg telangiectasias using a long-pulse frequency-doubled Neodymium:YAG laser at 532 nm. *Dermatol Surg.* 1998; 24 (1): 19-23.
- Adrian RM, Tanghetti EA. Long pulse 532-nm laser treatment of facial telangiectasia. *Dermatol Surg.* 1998; 24 (1): 71-4.
- Aguilar G, Diaz SH, Lavernia EJ, Nelson JS. Cryogen spray cooling efficiency: improvement of port wine stain laser therapy through multiple-intermittent cryogen spurts and laser pulses. *Lasers Surg Med.* 2002; 31(1): 27-35.
- Aguilar G, Majaron B, Karapetian E, Lavernia EJ, Nelson JS. Experimental study of cryogen spray properties for application in dermatologic laser surgery. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2003 (a); 50(7): 863-9.
- Aguilar G, Wang GX, Nelson JS. Effect of spurt duration on the heat transfer dynamics during cryogen spray cooling. *Phys Med Biol.* 2003 (b); 48(14): 2169-81.
- Akita H, Matsunaga K, Fujisawa Y, Ueda H. Treatment of labial lentigos in atopic dermatitis with the frequency-doubled q-switched Nd:YAG laser. *Arch Dermatol.* 2000; 136 (7): 936-7.
- Algermissen B, Hermes B, Henz BM, Müller U, Berlien HP. Laser-induced weal and flare reactions: clinical Aspects and pharmacological modulation. *Br J Dermatol.* 2002; 146 (5): 863-8.
- Alora MB, Stern RS, Arndt KA, Dover JS. Comparison of the 595 nm long-pulse (1.5 msec) and ultralong-pulse (4 msec) lasers in the treatment of leg veins. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (6): 445-9.
- Alster TS. Improvement of erythematous and hypertrophic scars by the 585-nm flashlamp-pumped pulsed dye Laser. *Ann Plast Surg.* 1994 (a); 32 (2): 186-90.
- Alster TS. Inflammatory linear verrucous epidermal nevus: successful treatment with the 585 nm flashlamp-pumped pulsed dye laser. *J Am Acad Dermatol.* 1994 (b); 31 (3): 513-4.
- Alster TS, Kurban AK, Grove GL, Grove MJ, Tan OT. Alteration of argon laser-induced scars by the pulsed dye laser. *Laser Surg Med.* 1993; 13 (3): 363-73.
- Alster TS, Lewis AB, Rosenbach A. Laser scar revision: comparison of CO2 laser vaporization with and without simultaneous pulsed dye laser treatment. *Dermatol Surg.* 1998; 24 (12): 1299-302.
- Alster TS, Nanni CA. Successful treatment of porokeratosis with 585 nm pulsed dye laser irradiation. *Cutis.* 1999; 63(5): 265-6.
- Alster TS, Williams CM. Treatment of keloid sternotomy scars with 585 nm flashlamp-pumped pulsed-dye laser *Lancet* 1995; 345 (5): 1198-200.
- Alster TS, Wilson F. Treatment of port-wine stains with the flashlamp-pumped pulsed dye laser: extended clinical experience in children and adults. *Ann Plast Surg.* 1994; 32 (5): 478-84.
- Alster TS, Wilson F. Focal dermal hypoplasia (Goltz's syndrome). treatment of cutaneous lesions with the 585-nm flashlamp-pumped pulsed dye laser. *Arch Dermatol.* 1995; 131 (2): 143-4.
- Anderson RR, Geronemus R, Kilmer SL, Farinelli W, Fitzpatrick RE. Cosmetic tattoo ink darkening. A complication of q-switched and pulsed-laser treatment. *Arch Dermatol.* 1993; 129 (8): 1010-4.
- Anderson RR, Margolis RJ, Watanabe S, Flotte T, Hruza GJ, Dover JS. Selective photothermolysis of cutaneous pigmentation by q-switched Nd:YAG Laser pulses at 1064, 532 and 355 nm. *J Invest Dermatol.* 1989; 93 (1): 28-32.
- Anderson RR, Parrish JA. Microvasculature can be selectively damaged using dye lasers: a basic theory and experimental evidence in human skin. *Lasers Surg Med* 1981; 1 (3): 263-76.
- Anderson RR, Parrish JA. Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 1983; 220 (4): 524-7.
- Anderson RR, Parrish JA. Laser-tissue interaction, in: Cutaneous laser surgery. The art and science of selective Photothermolysis. Mosby, St. Louis, Missouri 1994; 1-19.
- Apfelberg DB. Argon and q-switched yttrium-aluminium-garnet laser treatment of nevus of Ota. *Ann Plast Surg.* 1995; 35 (2): 150-3.
- Armstrong ML, Stuppy DJ, Gabriel DC, Anderson RR. Motivation for tattoo removal. *Arch Dermatol.* 1996; 132 (4): 412-6.

- Arndt KA, Noe JM, Northam DB, Itzkan I. Laser therapy. basic concepts and nomenclature. *J Am Acad Dermatol.* 1981; 5 (6): 649-54.
- Ashinoff R, Geronemus RG. Effect of the topical anesthetic EMLA on the efficacy of pulsed dye laser treatment of port-wine stains. *J Pediatr.* 1990; 16 (11): 1008-11.
- Ashinoff R, Geronimus RG. Capillary hemangiomas and treatment with the flashlamp-pumped pulsed dye laser. *Arch Dermatol.* 1991 (a); 127 (2): 202-5.
- Ashinoff R, Geronemus RG. Flashlamp-pumped pulsed dye laser for port-wine stains in infancy: Earlier versus later treatment. *J Am Acad Dermatol.* 1991 (b); 24 (3): 467-72.
- Ashinoff R, Geronemus RG. Treatment of a port-wine stain in a black patient with the pulsed dye laser. *J Dermatol Surg Oncol.* 1992; 18 (2): 147-8.
- Ashinoff R, Levine VJ, Soter NA. Allergic reactions to tattoo pigment after laser treatment. *Dermatol Surg.* 1995; 21 (4): 291-4.
- Augustin M, Zschocke I, Wiek K, Bergmann A, Peschen M, Schöpf E, Vanscheidt W. Krankheitsbewältigung und Lebensqualität bei Patienten mit Feuermalen unter Laser-Therapie. *Hautarzt* 1998 (a); 49 (9): 714-8.
- Augustin M, Zschocke I, Wiek K, Peschen M, Vanscheidt W. Psychological stress of patients with port wine stains and expectations of dye laser treatment. *Dermatology* 1998 (b); 197 (4): 353-60.
- Bahmer FA, Tang E. Der Neodym:YAG-Laser in der dermatologischen Therapie. *Z. Hautkr.* 1984; 59 (24): 1692-1702.
- Baraniuk JN. Neuropeptides and the skin. In: Bos JD (Hrsg.). *Skin immune system* (2. Auflage). CRC Press 1997; 311-23.
- Barlow RJ, Walker NPJ, Markey AC. Treatment of proliferative haemangiomas with the 585 nm pulsed dye Laser. *Br J Dermatol.* 1996; 134 (4): 700-4.
- Barsky SH, Rosen S, Geer DE, Noe JM. The nature and evolution of port wine stain: a computer assisted study *J Invest Dermatol.* 1980; 74 (3): 154-7.
- Batta K, Goodyear HM, Moss C, Williams HC, Hiller L, Waters R. Randomised controlled study of early pulsed dye laser treatment of uncomplicated childhood haemangiomas: results of a 1-year analysis. *Lancet* 2002; 360 (8): 521-27.
- Bäumler W, Eibler ET, Hohenleutner U, Sens B, Sauer J, Landthaler M. Q-switch laser and tattoo pigments: first results of the chemical and photophysical analysis of 41 compounds. *Lasers Surg Med.* 2000; 26 (1): 13-21.
- Bencini PL. The multilayer technique: a new and fast approach for flashlamp-pumped pulsed (FLPP) dye laser treatment of port-wine stains (preliminary reports). *Dermatol Surg.* 1999; 25 (10): 786-9.
- Bencini PL, Luci A, Galimberti M, Ferranti G. Long-term epilation with long-pulsed Neodimium:YAG laser. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (3): 175-8.
- Beranek JT. Silicone gel sheeting for the management of hypertrophic and keloid scars: the mechanism of its Action. *Dermatol Surg.* 1997; 23 (5): 403-4.
- Berlien HP, Cremer H, Djawari D, Grantzow R, Gubisch W. Leitlinien zur Behandlung angeborener Gefäßerkrankungen. *Pädiat Prax.* 1994; 46 (1): 87-92.
- Berman B, Flores F. The treatment of hypertrophic scars and keloids. *Eur J Dermatol.* 1998; 8 (12): 591-6.
- Berman B, Flores F. Comparison of a silicone gel-filled cushion and silicon gel sheeting for the treatment of hypertrophic or keloid scars. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (6): 484-6.
- Bernstein EF, Brown DB, Kenkel J, Burns AJ. Residual thermal damage resulting from pulsed and scanned resurfacing lasers. *Dermatol Surg.* 1999 (a); 25 (10): 739-44.
- Bernstein EF, Kornbluth S, Brown DB, Black J. Treatment of spider veins using a 10 millisecond pulse-duration frequency-doubled Neodymium YAG laser. *Dermatol Surg.* 1999 (b); 25 (4): 316-20.
- Bernstein EF, Lee J, Lowery J, Brown DB, Geronemus R, Lask G, Hsia J. Treatment of spider veins with the 595 nm pulsed-dye laser. *J Am Acad Dermatol.* 1998; 39 (11): 746-50.
- Bethge S, Stadler R. Der langgepulste frequenzverdoppelte Neodymium:YAG-Laser in der Behandlung von Besenreisern. Erste klinische Erfahrungen. *Hautarzt* 1999; 50 (3): 181-5.
- Bhatta N, Isaacson K, Bhatta KM, Anderson RR, Schiff I. Comparative study of different laser systems. *Fertil Steril* 1994; 61 (4): 581-91.
- Bjerring P, Zachariae H, Sogaard H. The flashlamp-pumped dye laser and dermabrasion in psoriasis - further studies on the reversed Koebner phenomenon. *Acta Derm Venerol.* 1997; 77 (1): 59-61.
- Boixeda P, Nunez M, Perez B, de las Heras ME, Hilara Y, Ledo A. Complications of 585-nm pulsed dye laser Therapy. *Int J Dermatol.* 1997; 36 (5): 393-7.
- Boixeda P, Sanchez-Miralles E, Azana JM, Arrazola JM, Moreno R, Ledo A. CO<sub>2</sub>, argon, and pulsed dye laser treatment of angiofibromas. *J Dermatol Surg Oncol.* 1994; 20 (12): 808-12.
- Bonifazi E, Mazzotta F. Inflammatory nuchal-occipital port-wine stains. *J Am Acad Dermatol.* 1998; 38 (1): 130.
- Braun-Falco O, Plewig W, Wolff HH (auch Hrsg.). *Hämangiome.* In: *Dermatologie und Venerologie* (4. Auflage). Springer 1996; 1369-1372.

- Broška P, Martinho E, Goodman MM. Comparison of the argon tunable dye laser with the flashlamp pulsed dye laser in treatment of facial telangiectasia. *J Dermatol Surg Oncol.* 1994; 20 (11): 749-53.
- Brunner F, Hafner R, Giovanoli R, Zala L, Hunziker T, Krebs A. Entfernung von Tätowierungen mit dem Nd:YAG-Laser. *Hautarzt* 1987; 38 (10): 610-14.
- Buscaglia DA. Hypertrophic scarring from pulsed dye laser treatment. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (1): 75.
- Chan HH, Fung WKK, Ying SY, Kono T. An in vivo trial comparing the use of different types of 532 nm Nd:YAG lasers in the treatment of facial lentiginosities in oriental patients. *Dermatol Surg.* 2000 (a); 26 (8): 743-9.
- Chan HH, King WW, Chan ES, Mok CO, Ho WS, Van Krevel C, Lau WY. In vivo trial comparing patients' tolerance of q-switched alexandrite (qs alex) and q-switched neodymium:yttrium-aluminium-garnet (qs Nd:YAG) lasers in the treatment of nevus of ota. *Lasers Surg Med.* 1999; 24 (1): 24-8.
- Chan HH, Leung RSC, Ying SY, Lai CF, Chua J, Kono T. Recurrence of nevus of Ota after successful treatment with q-switched lasers. *Arch Dermatol.* 2000 (b); 136 (9): 1175-6.
- Chang CJ, Nelson JS. Cryogen spray cooling and higher fluence pulsed dye laser treatment improve port-wine stain clearance while minimizing epidermal damage. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (10): 767-72.
- Chiu CH, Chan HH, Ho WS, Yeung CK, Nelson JS. Prospective study of pulsed dye laser in conjunction with cryogen spray cooling for treatment of port wine stains in Chinese patients. *Dermatol Surg.* 2003; 29(9): 909-15.
- Cisneros JL, Del Rio R, Palou J. The q-switched neodym (Nd):YAG laser with quadruple frequency. Clinical histological evaluation of facial resurfacing using different wavelength. *Dermatol Surg.* 1998 (a); 24 (3): 345-50.
- Cisneros JL, Del Rio R, Palou J. Sclerosis and the Nd:YAG, q-switched laser with multiple frequency for treatment of telangiectases, reticular veins and residual pigmentation. *Dermatol Surg.* 1998 (b); 24 (10): 1119-23.
- Cliff S, Felix RH, Singh L, Harland CC. The successful treatment of lupus pernio with the flashlamp pulsed dye Laser. *J Cutan Laser Ther.* 1999; 1 (1): 49-52
- Costela A, Garcia-Moreno I, Gomez C, Garcia G, Sastre R. New organic-inorganic hybrid matrices doped with Rhodamine 6G as solid-state dye lasers. *Appl Opt.* 2002; 75 (8): 827-33.
- Cremer G. Gefäßveränderungen im Kindesalter. *Kinderarzt* 1992; 23 (1): 24-6.
- Cunningham BB. Laser therapy and dermatologic surgery. *Curr Opin Pediatr* 1998; 10 (4): 405-10.
- Derby LD, Low DW. Laser treatment of facial venous vascular malformations. *Ann Plast Surg.* 1997; 38 (4): 371-8.
- Dierickx C, Casparian JM, Venugopalan V, Farinelli WA, Anderson RR. Thermal relaxation of port-wine stain vessels probed in vivo: the need for 1-10-millisecond laser pulse treatment. *J Invest Dermatol.* 1995 (a); 105 (5): 709-14.
- Dierickx C, Goldman MP, Fitzpatrick RE. Laser treatment of erythematous/hypertrophic and pigmented scars in 26 patients. *Plast Reconstr Surg.* 1995 (b); 95 (1): 84-90.
- Dover JS, Geronemus R, Stern RS, O'Hare D, Arndt KA. Dye laser treatment of port-wine stains: comparison of the continuous-wave dye laser with a robotized scanning device and the pulsed dye laser. *J Am Acad Dermatol.* 1995; 32 (2): 237-40.
- Drosdowski G (Hrsg.). Duden, Rechtschreibung der deutschen Sprache (21. Auflage). Dudenverlag 1996.
- Duke D, Khatri K, Grevelink JM, Anderson RR. Comparative clinical trial of 2 carbon dioxide resurfacing lasers with varying pulse durations. 100 microseconds vs 1 millisecond. *Arch Dermatol.* 1998; 134 (10): 1240-6.
- Dummer R, Graf P, Greif C, Burg G. Treatment of vascular lesions using the VersaPulse variable pulse width frequency doubled Neodymium:YAG laser. *Dermatology* 1998; 197 (2): 158-61.
- Einstein A. Zur Quantentheorie der Strahlung. *Physiol Z.* 1917; 18 (1): 121-8.
- England RW, Vogel P, Hagan L. Immediate cutaneous hypersensitivity after treatment of tattoo with Nd:YAG laser: a case report and review of the literature. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2002; 89 (2): 215-7.
- Enjolras O, Mulliken JB. The current management of vascular birthmarks. *Pediatr Dermatol.* 1993; 10 (4): 311-3.
- Esterly NB. Cutaneous hemangiomas, vascular stains and associated syndromes. *Curr Probl Pediatr.* 1987; 17 (1): 1-69.
- Ferguson JE, Andrew SM, Jones CJP, August PJ. The q-switched neodym:YAG laser and tattoos: a microscopic analysis of laser-tattoo interactions. *Br J Dermatol.* 1997; 137 (3): 405-10.
- Ferguson JE, August PJ. Evaluation of the Nd:YAG laser for treatment of amateur and professional tattoos. *Br J Dermatol.* 1996; 135 (4): 586-91.
- Finn MC, Glowatzki J, Mulliken JB. Congenital vascular lesions: clinical application of a new classification. *J Pediatr Surg.* 1983; 18 (6): 894-900.
- Fiskerstrand EJ, Dalaker M, Norvang LT. Laser treatment of port wine stains: a study comparing therapeutic outcome with morphologic characteristics of the lesion. Preliminary results. *Acta Derm Venerol.* 1995; 75 (1): 92-3.

- Fiskerstrand EJ, Svaasand LO, Kopstad G, Dalaker M, Norvang LT, Volden G. Laser treatment of port wine stains: therapeutic outcome in relation to morphological parameters. *Br J Dermatol.* 1996 (a); 134: 1039-43.
- Fiskerstrand EJ, Svaasand LO, Kopstad G, Ryggen K, Aase S. Photothermally induced vessel-wall necrosis after pulsed dye laser treatment: lack of response in port-wine stains with small sized or deeply located vessels. *J Invest Dermatol.* 1996 (b); 107 (5): 671-675.
- Fiskerstrand EJ, Svaasand LO, Volden G. Pigmentary changes after pulsed dye laser treatment in 125 northern european patients with port wine stains. *Br J Dermatol.* 1998; 138 (3): 477-9.
- Fitzpatrick RE, Goldman MP. Tattoo removal using the Alexandrite laser. *Arch Dermatol.* 1994; 130 (12): 1508-14.
- Fitzpatrick RE, Lowe NJ, Goldman MP, Borden H, Behr KL, Ruiz-Esparza J. Flashlamp-pumped pulsed dye laser treatment of port-wine stains. *J Dermatol Surg Oncol.* 1994; 20 (11): 743-8.
- French LE, Polla LL, Tschopp J, Schifferli JA. Membrane attack complex (MAC) deposits in skin are not Always accompanied by s-protein and clusterin. *J Invest Dermatol.* 1992; 98 (5): 758-63.
- Fritsch P, Zelger B. Die Laser-Welle - ein Modetrend. *Hautarzt* 1990; 41 (5): 288-9.
- Fürnsinn G. Neodym-Yag-Laser-Therapie in der Dermatologie. *Z. Hautkr.* 1987; 62 (4): 305-12.
- Gange RW, Anderson RR, Gonzales E. Laser treatment of port-wine stains. *Br J Dermatol.* 1988; 119 (1): 131-2.
- Garden JM, Bakus AD. Clinical efficacy of the pulsed dye laser in the treatment of vascular lesions. *J Dermatol Surg Oncol.* 1993; 19 (4): 321-6.
- Garden JM, Bakus AD, Paller AS. Treatment of cutaneous hemangiomas by the flashlamp-pumped pulsed dye laser: prospective analysis. *J Pediatr.* 1992; 120 (4): 555-60.
- Garden JM, Polla LL, Tan OT. The treatment of port-wine stains by the pulsed dye laser. Analysis of pulse duration and long-term therapy. *Arch Dermatol.* 1988; 124 (6): 889-96.
- Garden JM, Tan OT, Kerschmann R, Boll J, Furumoto H, Anderson RR, Parrish JA. Effect of dye laser pulse duration on selective cutaneous vascular injury. *J Invest Dermatol.* 1986; 87 (5): 653-7.
- Gaston DA, Clark DP. Facial hypertrophic scarring from pulsed dye laser. *Dermatol Surg.* 1998; 24 (5): 523-5.
- Geronemus RG. Q-switched ruby laser therapy of nevus of Ota. *Arch Dermatol.* 1992; 128 (12): 1618-22.
- Geronemus RG. Pulsed dye laser treatment of vascular lesions in children. *J Dermatol Surg Oncol.* 1993; 19 (4): 303-10.
- Geronemus RG, Quintana AT, Kauvar ANB. High-fluence modified pulsed dye laser photocoagulation with dynamic cooling of port-wine stains in infancy. *Arch Dermatol.* 2000; 136 (7): 942-3.
- Glassberg E, Lask GP, Tan EM, Uitto J. The flashlamp-pumped 577-nm pulsed tunable dye laser: clinical efficacy and in vitro studies. *J Dermatol Surg Oncol.* 1988; 14 (11): 1200-8.
- Goh CL. Treatment response of port-wine stains with the flashlamp-pulsed dye laser in the national skin centre: a report of 36 patients. *Ann Acad Med Singapore* 1996; 25 (4): 536-40.
- Gold MH. A controlled clinical trial of topical silicone gel sheeting in the treatment of hypertrophic scars and Keloids. *J Am Acad Dermatol.* 1994; 30 (3): 506-7.
- Goldberg DJ. Treatment of pigmented and vascular lesions of the skin with the q-switched Nd:YAG laser *Lasers Surg Med.* 1993; 13 [Suppl.]: 55.
- Goldberg DJ, Littler CM, Wheeland RG. Topical suspension-assisted q-switched Nd:YAG laser hair removal. *Dermatol Surg.* 1997; 23 (9): 741-5.
- Goldberg DJ, Marcus J. The use of the frequency-doubled q-switched Nd:YAG laser in the treatment of small cutaneous vascular lesions. *Dermatol Surg.* 1996; 22 (10): 841-4.
- Goldberg DJ, Meine JG. Treatment of facial telangiectases with the diode-pumped frequency-doubled q-switched Nd:YAG laser. *Dermatol Surg.* 1998; 24 (8): 828-32.
- Goldberg DJ, Meine JG. A comparison of four frequency-doubled Nd:YAG (532 nm) laser systems for treatment of facial telangiectases. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (6): 463-7.
- Goldberg DJ, Samady JA. Evaluation of a long-pulse q-switched Nd:YAG laser for hair removal. *Dermatol Surg.* 2000; 26 (2): 109-13.
- Goldberg DJ, Witworth J. Laser skin resurfacing with the q-switched Nd:YAG laser. *Dermatol Surg.* 1997; 23 (8): 903-7.
- Goldman L, Blaney DJ, Kindel DJ. Effect of the laser beam on the skin: preliminary report. *J Invest Dermatol.* 1963 (a); 40 (1): 121-2.
- Goldman L, Blaney DJ, Kindel DJ. Pathology of the effect of the laser beam on the skin. *Nature* 1963 (b); 197 (7): 912-4.
- Goldman MP. Regarding pulse durations. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (10): 827.
- Goldman MP, Eckhouse S. Photothermal sclerosis of leg veins. ESC Medicalsystems, LTD Photoderm VL cooperative study group. *Dermatol Surg.* 1996; 22 (4): 323-30.
- Goldman MP, Fitzpatrick RE (auch Hrsg.). Treatment of cutaneous vascular lesions, in: *Cutaneous laser surgery. the art and science of selective photothermolysis.* Mosby, St. Louis, Missouri 1994; 19-105.



- Gonzalez E, Gange RW, Momtaz KT. Treatment of telangiectases and other benign vascular lesions with the 577 nm pulsed dye laser. *J Am Acad Dermatol.* 1992; 27 (2): 220-6.
- Goodman MM, Alpern K. Treatment of lupus perniosis with the flashlamp pulsed dye laser. *Lasers Surg Med.* 1992; 12 (5): 549-51.
- Görgü M, Erdogan B, Aköz T, Kargi E, Deren O, Aslan G. Silicone gel sheeting for stabilization of skin grafts *Dermatol Surg.* 1998; 24 (10): 1073-6.
- Goyal S, Arndt KA, Stern RS, O'Hare D, Dover JS. Laser treatment of tattoos: a prospective, paired, comparison study of the q-switched Nd:YAG (1064 nm), frequency-doubled q-switched Nd:YAG (532 nm) and q-switched ruby lasers. *J Am Acad Dermatol.* 1997; 36 (1): 122-5.
- Goyal S, Dover JS, Arndt KA. Lasers. *J Am Acad Dermatol.* 1995; 32 (2): 262-72.
- Graudenz K, Raulin C. Von Einsteins Quantentheorie zur modernen Lasertherapie. *Historie des Lasers in der Dermatologie und ästhetischen Medizin.* *Hautarzt* 2003; 54 (7): 575-82.
- Greve B, Raulin C. Der Nd:YAG-Laser im Wandel der (Impuls-)Zeiten - Einsatzgebiete in der Dermatologie. *Hautarzt* 2000; 51 (3): 152-8.
- Greve B, Raulin C. Medizinische dermatologische Lasertherapie. Eine Übersicht. *Hautarzt* 2003; 54 (7): 594-602.
- Greve B, Schönemark MP, Raulin C. Minocycline-induced hyperpigmentation: treatment with the q-switched Nd:YAG laser. *Lasers Surg Med.* 1998; 22 (4): 223-7.
- Grevelink JM, Casparian JM, Gonzalez E. Undesirable effects associated with treatment of tattoos and pigmented lesions with the q-switched lasers at 1064 nm and 694 nm: the MGH experience. *Lasers Surg Med.* 1993; 5 [Suppl.]: 53.
- Grevelink JM, Duke D, van Leeuwen RL, Gonzalez E, DeCoste SD, Anderson RR. Laser treatment of tattoos in darkly pigmented patients: efficacy and side effects. *J Am Acad Dermatol.* 1996; 34 (4): 653-6.
- Grevelink JM, van Leeuwen RL, Anderson RR, Byers HR. Clinical and histological responses of congenital melanocytic nevi after single treatment with q-switched lasers. *Arch Dermatol.* 1997 (a); 133 (3): 349-53.
- Grevelink JM, Gonzalez S, Bonoan R, Vibhagool C, Gonzalez E. Treatment of nevus spilus with the q-switched ruby laser. *Dermatol Surg.* 1997 (b); 23 (5): 365-9.
- Grevelink JM, White VR. Concurrent use of laser skin resurfacing and punch excision in the treatment of facial acne scarring. *Dermatol Surg.* 1998; 24 (5): 527-30.
- Grossman MC, Anderson RR, Farinelli W, Flotte TJ, Grevelink JM. Treatment of cafe au lait macules with lasers. A clinicopathologic correlation. *Arch Dermatol.* 1995; 131 (12): 1416-20.
- Gudemann WE (Hrsg.). *Das grosse Bertelsmann Lexikon* 2001. Bertelsmann Verlag 2001.
- Gupta G, Bilisland D. A prospective study of the impact of laser treatment on vascular lesions. *Br J Dermatol.* 2000; 143 (2): 356-9.
- Gupta G, Roberts DT. Pulsed dye laser treatment of subacute cutaneous lupus erythematosus. *Clin Exp Dermatol.* 1999; 24 (6): 498-9.
- Haedersdal M. Cutaneous side effects from laser treatments of the skin: skin cancer, scars, wounds, pigmentary changes and purpura - use of pulsed dye laser, copper vapor laser and argon laser. *Acta Derm Venerol.* 1999; 78 [Suppl.]: 1-32.
- Haedersdal M, Bech-Thomsen N, Wulf HC. Skin reflectance-guided laser selections for treatment of decorative Tattoos. *Arch Dermatol.* 1996; 132 (4): 403-7.
- Haedersdal M, Gniadecka M, Efsen J, Bech-Thomsen N, Keiding J, Wulf HC. Side effects from the pulsed dye laser: the importance of skin pigmentation and skin redness. *Acta Derm Venerol.* 1998 (a); 78 (6): 445-50.
- Haedersdal M, Efsen J, Gniadecka M, Fogh H, Keiding J, Wulf HC. Changes in skin redness, pigmentation, echostructure, thickness and surface contour after 1 pulsed dye laser treatment of port-wine stains in children. *Arch Dermatol.* 1998 (b); 134 (2): 175-81.
- Haina D, Landthaler M, Waidelich W. Physikalische und biologische Grundlagen der Laseranwendung in der Dermatologie. *Hautarzt* 1981; 32 (8): 397-401.
- Handbuch: „Vasognost“; Carl Baasel Lasertechnik GmbH Starnberg 1991
- Handbuch: „MedLite Dermatologie-Laser“; Continuum Biomedical, Inc. 1994
- Hellwig S, Petzold D, König K, Raulin C. Aktueller Stand der Lasertherapie in der Dermatologie. *Hautarzt* 1998; 49 (9): 690-704.
- Hellwig S, Petzold D, Raulin C. Der gepulste Farbstofflaser - Möglichkeiten und Grenzen. *Hautarzt* 1997; 48 (8): 536-40.
- Hellwig S, Raulin C. Die Behandlung von Hämangiomen im Säuglings- und Kindesalter mit dem gepulsten Farbstofflaser. *Z. Hautkr.* 1996; 71 (12): 910-4.
- Hellwig S, Raulin C. Gepulste Laser in der Narbenbehandlung. *Hautarzt* 1999; 50 (7): 465-9.
- Hellwig S, Schönemark M, Raulin C. Behandlung von Gefäßmalformationen und Pigmentstörungen an Gesicht und Hals durch gepulsten Farbstofflaser, Photoderm VL und gütegeschalteten Rubinlaser. *Laryngorhinootologie* 1995; 74 (10): 635-41.
- Hellwig S, Schönemark M, Raulin C. Schmutztätowierungen. Entfernung durch den gütegeschalteten Rubinlaser. *HNO* 1996 (a); 44 (10): 592-4.

- Hellwig S, Schröter C, Raulin C. Behandlung essentieller Teleangiektasien durch das Photoderm VL. *Z. Hautkr.* 1996 (b); 71 (1): 44-7.
- Hindson C, Foulds I, Cotterill J. Correspondence: laser therapy of lichenoid red tattoo reaction. *Br J Dermatol.* 1995; 133 (4): 665-6.
- Hohenleutner U, Abd-El-Raheem TA, Bäuml W, Wlotzke U, Landthaler M. Nävi flammei im Kindes- und Jugendalter. *Hautarzt* 1995 (a); 46 (2): 87-93.
- Hohenleutner U, Bäuml W, Karrer S, Michel S, Landthaler M. Die Behandlung kindlicher Hämangiome mit dem blitzlampengepumpten gepulsten Farbstofflaser. *Hautarzt* 1996; 47 (3): 183-9.
- Hohenleutner U, Hilbert M, Wlotzke U, Landthaler M. Epidermal damage and limited coagulation depth with the flashlamp-pumped pulsed dye laser: a histochemical study. *J Invest Dermatol.* 1995 (b); 104 (5): 798-802.
- Hohenleutner U, Landthaler M. Lasertechnologie in der Dermatologie: Quo vadis - Wissenschaft oder Geschäft? *Hautarzt* 1998; 49 (8): 623-5.
- Hohenleutner U, Walther T, Wenig M, Bäuml W, Landthaler M. Leg telangiectasia treatment with 1.5 ms pulsed dye laser, ice cube cooling of the skin and 595 vs 600 nm: preliminary results. *Lasers Surg Med.* 1998 (a); 23 (2): 72-8.
- Hohenleutner U, Wenig M, Walther T, Bäuml W, Landthaler M. Behandlung von Besenreisern mit einem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser mit 1,5 ms Impulsdauer. *Hautarzt* 1998 (b); 49 (7): 560-5.
- Hruza GJ, Dover JS. Laser skin resurfacing. *Arch Dermatol.* 1996; 132 (4): 451-5.
- Hruza GJ, Geronemus RG, Dover JS, Arndt KA. Lasers in dermatology – 1993. *Arch Dermatol.* 1993; 129 (8): 1026-35.
- Hughes PSH. Treatment of molluscum contagiosum with the 585-nm pulsed dye laser. *Dermatol Surg.* 1998; 24 (2): 229-30.
- Huilgol SC, Barlow RJ, Markey AC. Failure of pulsed dye laser therapy for resistant verrucae. *Clin Exp Dermatol.* 1996; 21 (2): 93-5.
- Jackson BA, Arndt KA, Dover JS. Are all 585 nm pulsed dye lasers equivalent? A prospective, comparative, photometric and histologic study. *J Am Acad Dermatol.* 1996; 34 (6): 1000-4.
- Jackson BA, Shelton AJ. Pilot study evaluation topical onion extract as treatment for postsurgical scars. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (4): 267-9.
- Jacobs AH. Strawberry hemangioma: natural history of the untreated lesion. *Calif Med.* 1957; 86 (1): 8-10.
- Jacobs AH, Walton RG. The incidence of birthmarks in the neonate. *Pediatrics* 1976; 58 (2): 218-22.
- Jain A, Storwick GS. Effectiveness of the 585nm flashlamp-pulsed tunable dye laser (PTDL) for treatment of plantar verrucae. *Lasers Surg Med.* 1997; 21 (5): 500-5.
- Jones A, Roddey P, Orenge I, Rosen T. The q-switched Nd:YAG laser effectively treats tattoos in darkly pigmented skin. *Dermatol Surg.* 1996; 20 (5): 999-1001.
- Joppich I, Schiele U. Die Indikation zur operativen Behandlung von Hämangiomen im frühen Säuglingsalter. *Kinderarzt* 1988; 5 (4): 619-25.
- Jung EG (auch Hrsg.). Benigne Tumoren und Nävi. In: *Dermatologie* (3. Auflage); Hippokrates 1995 (a); 199-214.
- Jung EG (auch Hrsg.). Hämangiome. In: *Dermatologie* (3. Auflage); Hippokrates 1995 (b); 212-3.
- Jung EG (Hrsg.). *Dermatologie* (3. Auflage); Hippokrates 1995 (c).
- Kane KS, Smoller BR, Fitzpatrick RE, Walker NPJ, Dover JS. Pulsed dye laser-resistant port-wine stains. *Arch Dermatol.* 1996; 132 (7): 839-41.
- Katugampola GA, Lanigan SW. Five years' experience of treating port wine stains with the flashlamp-pumped pulsed dye laser. *Br J Dermatol.* 1997; 137 (5): 750-4.
- Katugampola GA, Lanigan SW, Rees AM. Normal distribution of endothelin in port wine stain vasculature. *Br J Dermatol.* 1997; 137 (2): 323-4.
- Kaufmann R. Aktueller Stand und neue Trends in der dermatologischen Lasertherapie. *Z. Hautkr.* 1992 (a); 67 (4): 495-502.
- Kaufmann R. *Dermatologische Operationen. Lehrbuch und Atlas der Hautchirurgie* (2. Auflage); Thieme 1992 (b).
- Kaufmann R. Gepulste Laser – Stellenwert zur Hautablation und Therapie pigmentierter Hautveränderungen. In: Tebbe B, Goerdts S, Orfanos CE (Hrsg.): *Dermatologie – Heutiger Stand*. Thieme 1995 (a); 357-8.
- Kaufmann R. Gepulste Lasersysteme – Neue Wege zur narbenfreien Therapie? In: Winter H, Bellmann KP (Hrsg.): *Operative Dermatologie – Möglichkeiten und Grenzen*. Springer 1995 (b); 34-40.
- Kaufmann R. Laser: Anwendungen in der Dermatologie. *Fortschr. Med.* 1998; 116 (7): 26-32.
- Kaufmann R, Beier C, Ochsendorf FR, Hibst R. Erbium:YAG skin ablation of pigmented lesions. *Lasers Surg Med* 1997 (a); 9 [Suppl.]: 37-8.
- Kaufmann R, Hartmann A, Boehncke WH. Einsatz gepulster Laser bei Pigmentläsionen der Haut. In: Tilgen W, Petzold D (Hrsg.): *Operative und konservative Dermatoneurologie*. Springer 1995 (a); 345-52.
- Kaufmann R, Hartmann A, Hibst R. Cutting and skin-sablative properties of pulsed mid-infrared laser surgery. *Dermatol Surg Oncol.* 1994; 20 (1): 112-8.

- Kaufmann R, Hibst R. Clinical evaluation of Er:YAG lasers in cutaneous surgery. *Laser Surg Med.* 1996 (a); 19 (5): 324-30.
- Kaufmann R, Hibst R. Erb:YAG laser skin ablation: experimental results and first clinical application. *Clin Exp Dermatol.* 1990; 15 (4): 389-93.
- Kaufmann R, Hibst R. Pulsed Erb:YAG and 308 nm UV-excimer laser: in vitro and in vivo study of skin-ablative effects. *Lasers Surg Med.* 1989; 9 (1): 132-40.
- Kaufmann R, Hibst R. Pulsed Erb:YAG laser ablation in cutaneous surgery. *Lasers Surg Med.* 1996 (b); 19 (2): 324-30.
- Kaufmann R, Landes E. *Dermatologische Operationen* (2. Auflage); Springer 1992; 47-55.
- Kaufmann R, Landthaler M, Hohenleutner U (Hrsg.). Stellenwert der Lasertherapie bei Pigmentläsionen, in: *Operative Dermatologie im Kindes- und Jugendalter.* Blackwell, Berlin 1997 (b); 23-28.
- Kaufmann R, Tebbe B, Goerdts S, Orfanos CE (Hrsg.). Gepulste Laser - Stellenwert zur Hautablation und Therapie pigmentierter Hautveränderungen, in: *Dermatologie - heutiger Stand.* Thieme 1995 (b); 357-8.
- Kauvar AN, Geronemus RG. Repetitive pulsed dye laser treatments improve persistent port-wine stains. *Dermatol Surg.* 1995; 21 (6): 515-21.
- Kenton-Smith J, Tan ST. Pulsed dye laser therapy of viral warts. *Br J Plast Surg.* 1999; 52 (7): 554-8.
- Kilmer SL. Laser treatment of tattoos. *Dermatol Clin.* 1997; 15 (3): 409-17.
- Kilmer SL. Laser eradication of pigmented lesions and tattoos. *Dermatol Clin.* 2002; 20 (1): 37-53.
- Kilmer SL, Anderson RR. Clinical use of the q-switched ruby and the q-switched Nd:YAG (1064 nm and 532 nm) lasers for treatment of tattoos. *Dermatol Surg Oncol.* 1993; 19 (4): 330-8.
- Kilmer SL, Garden JM. Laser treatment of pigmented lesions and tattoos. *Semin Cutan Med Surg.* 2000; 19 (4): 232-44.
- Kilmer SL, Lee MS, Grevelink JM, Flotte TJ, Anderson RR. The q-switched Nd:YAG laser effectively treats tattoos. A controlled, dose-response study. *Arch Dermatol.* 1993; 129 (8): 971-8.
- Kilmer SL, Wheeland RG, Goldberg DJ, Anderson RR. Treatment of epidermal pigmented lesions with the frequency-doubled q-switched Nd:YAG laser. A controlled, single-impact, dose-response, multicenter trial *Arch Dermatol.* 1994; 130 (12): 1515-9.
- Kim HJ, Colombo M, Frieden IJ. Ulcerated hemangiomas: clinical characteristics and response to therapy *J Am Acad Dermatol.* 2001; 44 (6): 962-72.
- Kimel S, Svaasand LO, Hammer-Wilson M, Schell MJ, Milner TE, Nelson JS, Berns MW. Differential vascular response to laser photothermolysis. *J Invest Dermatol.* 1994; 103 (5): 693-700.
- Kimmig W. Lasereingriffe in der Dermatologie. Risiken und Chancen. *Hautarzt* 2003; 54 (7): 583-93.
- Kolinko VG, Littler CM, Cole A. Influence of the anagen: telogen ratio on q-switched Nd:YAG laser hair removal efficacy. *Lasers Surg Med.* 2000; 26 (1): 33-40.
- Kopera D, Hohenleutner U. Ruby laser treatment of melasma and postinflammatory hyperpigmentation. *Dermatol Surg.* 1995; 21 (11): 994.
- Kopera D, Hohenleutner U, Landthaler M. Melasma: Keine Indikation für den Rubinlaser. *Z Hautkr.* 1995; 70 (3): 414-6.
- Kopera D. Verrucae vulgares. Behandlung mit dem Farbstofflaser. *Hautarzt* 2002; 53 (9): 604-7.
- Kunachak S, Leelaomlupi P. Q-switched Nd:YAG laser treatment for acquired bilateral nevus of ota-like maculae: a long-term follow up. *Lasers Surg Med.* 2000; 26 (4): 376-9.
- Landthaler M, Braun-Falco O, Haina D, Waidelich W. Laser treatment of port wine stains. *Dermatologica* 1987 (a); 175 (3): 156-8.
- Landthaler M, Haina D, Hohenleutner U, Seipp W, Waidelich W, Braun-Falco O. Der CO<sub>2</sub>-Laser in der Dermatotherapie - Anwendung und Indikation. *Hautarzt* 1988; 39 (4): 198-204.
- Landthaler M, Haina D, Seipp W, Brunner R, Seipp V, Hohenleutner U, Waidelich W, Braun-Falco O. Behandlung von Nävi flammei mit dem Argonlaser. *Hautarzt* 1987 (b); 38 (11): 652-9.
- Landthaler M, Haina D, Waidelich W, Braun-Falco O. Therapeutische Laseranwendungen in der Dermatologie. *Hautarzt* 1981; 32 (9): 450-54.
- Landthaler M, Hohenleutner U. Laseranwendungen in der Dermatologie. *Dtsch Ärztebl.* 1998; 32 (3): 240-4.
- Landthaler M, Hohenleutner U. Tätowierungen und andere exogene Pigmentierungen. In: Landthaler M, Hohenleutner U (Hrsg.). *Lasertherapie in der Dermatologie. Atlas und Lehrbuch.* Springer 1999; 89-95.
- Landthaler M, Hohenleutner U, Abd-El-Raheem T. Laser therapy of childhood haemangiomas. *Br J Dermatol.* 1995; 133 (2): 275-281.
- Lanigan SW. Port wine stains on the lower limb: response to pulsed dye laser therapy. *Clin Exp Dermatol.* 1996; 21 (2): 88-92.
- Lanigan SW. Acquired port wine stains: clinical and psychological assessment and response to pulsed dye laser Therapy. *Br J Dermatol.* 1997; 137 (1): 86-90.
- Lanigan SW. Port-wine stains unresponsive to pulsed dye laser: explanations and solutions. *Br J Dermatol.* 1998; 139 (2): 173-7.
- Lanigan SW. Pyogenic granulomas, port-wine stains and laser treatment. *Dermatology* 1995 (a); 191 (1): 78.

- Lanigan SW. Patient-reported morbidity following flashlamp-pumped pulsed tunable dye laser treatment of port wine stains. *Br J Dermatol.* 1995 (b); 133 (3): 423-5.
- Lanigan SW, Cartwright P, Cotterill JA. Continuous wave dye laser therapy of port wine stains. *Br J Dermatol.* 1989 (a); 121(3): 345-52.
- Lanigan SW, Cotterill JA. Psychological disabilities amongst patients with port wine stain. *Br J Dermatol.* 1989; 121 (2): 209-15.
- Lanigan SW, Cotterill JA. The treatment of port wine stains with the carbon dioxide laser. *Br J Dermatol.* 1990; 123 (2): 229-235.
- Lanigan SW, Joannides T. Pulsed dye laser treatment of telangiectasia after radiotherapy for carcinoma of the Breast. *Br J Dermatol.* 2003; 148 (1): 77-9.
- Lanigan SW, Sheehan-Dare RA, Cotterill JA. The treatment of decorative tattoos with the carbon dioxide laser. *Br J Dermatol.* 1989 (b); 120 (6): 819-25.
- Le KT, Shahidullah H, Frieden IJ. Review of modern techniques in detecting port-wine stain response to laser Therapy. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (2): 127-32.
- Leuenberger ML, Mulas MW, Hata TR, Goldman MP, Fitzpatrick RE, Grevelink JM. Comparison of the q-switched Alexandrite, Nd:YAG and Ruby lasers in treating blue-black tattoos. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (1): 10-4.
- Levine VJ, Geronemus RG. Adverse effects associated with the 577-nanometer pulsed dye laser in the treatment of cutaneous vascular lesions: a study of 500 patients. *J Am Acad Dermatol.* 1995 (a); 32 (4): 613-7.
- Levine VJ, Geronemus RG. Tattoo removal with the q-switched ruby laser and the q-switched Nd:YAG laser: a comparative study. *Cutis* 1995 (b); 55 (5): 291-6.
- Li YT, Yang KC. Comparison of the frequency-doubled q-switched Nd:YAG laser and 35% Trichloroacetic acid for the treatment of face lentigines. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (3): 202-4.
- Loo WJ, Lanigan SW. Recent advances in laser therapy for the treatment of cutaneous vascular disorders *Lasers. Med Sci* 2002; 17 (1): 9-12.
- Lorenz S, Maier C, Segerer H, Landthaler M, Hohenleutner U. Hautveränderungen bei Neugeborenen in den ersten 5 Lebenstagen. *Hautarzt* 2000; 51 (6): 396-400.
- Lowitt MH, Kessler II, Kauffman CL, Hooper FJ. Teledermatology and in-person examinations. A comparison of patient and physician perceptions and diagnostic agreement. *Arch Dermatol.* 1998; 134 (4): 471-6.
- Maiman TH. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature* 1960; 187: 493-4.
- Malm M, Calmberg M. Port-wine-stain - a surgical and psychological problem. *Ann Plast Surg.* 1988; 20 (6): 512-6.
- Mang WL, Sawatzki K. Laserchirurgische Verfahren in der ästhetischen Chirurgie. *MuKieGesChir.* 1999; 3 [Suppl.]:162-7.
- Manuskiatti W, Fitzpatrick RE, Goldmann MP. Treatment of facial skin using combinations of CO<sub>2</sub>, q-switched Alexandrite, Flashlamp-pumped pulsed dye and Er:YAG lasers in the same treatment session. *Dermatol Surg.* 2000; 26 (2): 114-20.
- Marchell N, Alster TS. Successful treatment of cutaneous Kaposi's sarcoma by the 585-nm pulsed dye laser. *Dermatol Surg.* 1997; 23 (10): 973-5.
- Mazer JM. Indications for medical lasers in dermatology. *Presse Med.* 2002; 31 (5): 223-31.
- McCafferty DF, Woolfson AD, Handley J, Allen G. Effect of percutaneous local anaesthetics on pain reduction during pulse dye laser treatment of portwine stains. *Br J Anaesth.* 1997; 78 (3): 286-9.
- McClellan K, Hanke CW. The medical necessity for treatment of port-wine stains. *Dermatol Surg.* 1997; 23 (8): 663-7.
- McDaniel DH, Lord J, Ash K, Newman J, Zukowski M. Laser hair removal. A review and report on the use of the long-pulsed Alexandrite laser for hair reduction of the upper lip, leg, back and bikini region. *Dermatol Surg.* 1999; 25 (6): 425-30.
- Meffert JJ, Cagna DR, Meffert RM. Treatment of oral granulation tissue with the flashlamp pulsed dye laser. *Dermatol Surg.* 1998; 24 (8): 845-8.
- Michel S, Hohenleutner U, Bäuml W, Landthaler M. Der gütegeschaltete Rubinlaser in der Dermatotherapie. Anwendung und Indikation. *Hautarzt* 1997; 48 (7): 462-70.
- Michel S, Wlotzke U, Hohenleutner U, Landthaler M. Laser- und Kryotherapie der Säuglingshämangiome im direkten Vergleich. *Hautarzt* 1998; 49 (3): 192-6.
- Motley RJ, Lanigan SW, Katugampola GA. Videomicroscopy predicts outcome in treatment of port-wine stains. *Arch Dermatol.* 1997; 133 (7): 921-2.
- Mortimer CE (Hrsg.). *Chemie. Das Basiswissen der Chemie* (7. Auflage); Thieme 2001.
- Nanni CA, Alster TS. Optimizing treatment parameters for hair removal using a topical carbon-based solution and 1064-nm q-switched Neodymium:YAG laser energy. *Arch Dermatol.* 1997; 133 (12): 1546-9.
- Nanni CA, Alster TS. Laser-assisted hair removal: side effects of q-switched Nd:YAG, long-pulsed ruby and alexandrite lasers. *J Am Acad Dermatol.* 1999; 41 (2): 165-71.
- Nanni CA, Alster TS. A practical review of laser-assisted hair removal using the q-switched Nd:YAG, long-pulsed Ruby and long-pulsed Alexandrite lasers. *Dermatol Surg.* 1998 (a); 24 (12): 1399-1405.

- Nanni CA, Alster TS. Complications of cutaneous laser surgery. A review. *Dermatol Surg*. 1998 (b); 24 (2): 209-19.
- Nehal KS, Sarnoff DS, Gotkin RH, Friedman-Kien A. Pulsed dye laser treatment of molluscum contagiosum in a patient with acquired immunodeficiency syndrome. *Dermatol Surg*. 1998; 24 (5): 533-5.
- Nelson JS, Applebaum J. Clinical management of port-wine stain in infants and young children using the flashlamp-pulsed dye laser. *Clin Pediatr*. 1990; 29 (9): 503-8.
- Nelson JS, Milner TE, Anvari B, Tanenbaum S, Kimel S, Svaasand LO, Jacques SL. Dynamic epidermal cooling during pulsed laser treatment of port-wine stain. A new methodology with preliminary clinical evaluation. *Arch Dermatol*. 1995; 131 (6): 695-700.
- Neumann RA, Knobler RM, Lindmaier AP. Photoelectric quantitative evaluation of argon laser treatment of port wine stains. *Br J Dermatol*. 1991; 124 (2): 181-6.
- Nguyen CM, Yohn JJ, Huff C, Weston WL, Morelli JG. Facial port wine stains in childhood: prediction of the rate of improvement as a function of the age of the patient, size and location of the port wine stain and the number of treatments with the pulsed dye (585 nm) laser. *Br J Dermatol*. 1998; 138 (5): 821-5.
- Njoo MD, Westerhof W, Bos JD, Bossuyt PMM. The development of guidelines for the treatment of vitiligo. *Arch Dermatol*. 1999; 135 (12): 1514-21.
- Nouri K, Jimenez GP, Harrison-Balestra C, Elgart GW. 585-nm pulsed dye laser in the treatment of surgical scars starting on the suture removal day. *Dermatol Surg*. 2003; 29 (1): 65-73.
- Nouri K, Romagosa R, Chartier T, Bowes L, Spencer JM. Comparison of the 585 nm pulse dye laser and the short pulsed CO<sub>2</sub> laser in the treatment of striae distensae in skin types IV and VI. *Dermatol Surg*. 1999; 25 (5): 368-70.
- Nunez M, Boixeda P, Miralles ES, de Misa RF, Ledo A. Pulsed dye laser treatment in lupus erythematosus Telangiectoides. *Br J Dermatol*. 1995; 133 (6): 1010-1.
- Nunez M, Boixeda P, Miralles ES, de Misa RF, Ledo A. Pulsed dye laser treatment of telangiectatic chronic Erythema of cutaneous lupus erythematosus. *Arch Dermatol*. 1996; 132 (3): 354-5.
- Ofner JG, Schlogl H, Kostron H. Unusual adverse reaction in a patient sensitized with photosan 3. *J Photochem Photobiol B*. 1996; 36 (2): 183-4.
- Olbricht SM, Stern RS, Tang SV, Noe JM, Arndt KA. Complications of cutaneous laser surgery. A survey. *Arch Dermatol*. 1987; 123 (3): 345-9.
- Onizuka K, Tsuneda K, Shibata Y, Ito M, Sekine I. Efficacy of flashlamp-pumped pulsed dye laser therapy for port wine stains: clinical assessment and histopathological characteristics. *Br J Plast Surg*. 1995; 48 (5): 271-9.
- Orten SS, Waner M, Flock S, Roberson PK, Kincannon J. Port-wine stains. An assessment of 5 years of Treatment. *Arch Otolaryngo Head Neck Surg*. 1996; 122 (11): 1174-9.
- Patel N, Clement M. Selective nonablative treatment of acne scarring with 585 nm flashlamp pulsed dye laser. *Dermatol Surg*. 2002; 28 (10): 942-5.
- Pay AD, Kenealy JM. Laser transmission through membranes using the q-switched Nd:YAG laser. *Lasers Surg Med*. 1999; 24 (1): 48-54.
- Peach AH, Thomas K, Kenealy J. Colour shift following tattoo removal with q-switched Nd:YAG laser (1064/532). *Br J Plast Surg*. 1999; 52 (6): 482-7.
- Pérez B, Abaira V, Núñez M, Boixeda P, Pérez Corral F, Ledo A. Evaluation of agreement among dermatologists in the assessment of the color of port wine stains and their clearance after treatment with the flashlamp-pumped dye laser. *Dermatology*. 1997; 194 (2): 127-30.
- Poetke M, Philipp C, Berlien HP. Flashlamp-pumped pulsed dye laser for hemangiomas in infancy. Treatment of superficial vs mixed hemangiomas. *Arch Dermatol*. 2000; 136 (5): 628-32.
- Poetke M, Philipp C, Berlien HP. Die Behandlung von Hämangiomen im Säuglings- und Kindesalter mit dem blitzlampengepumpten Farbstofflaser. Kutane versus gemischte kutan-subkutane Hämangiome. *Hautarzt*. 2001; 52 (2): 120-7.
- Polla LL. Which laser for what. *Dermatologica*. 1986; 173 (1): 1-4.
- Polla LL, Tan OT, Garden JM, Parrish JA. Tunable pulsed dye laser for the treatment of benign cutaneous vascular ectasia. *Dermatologica*. 1987; 174 (1): 11-17.
- Pollock B, Sheehan-Dare R. Pulsed dye laser and intralesional bleomycin for treatment of resistant viol hand warts. *Lasers Surg Med*. 2002; 30 (2): 135-40.
- Rabinowitz LG. Lichen sclerosus et atrophicus treatment with the 585-nm flashlamp-pumped pulsed dye laser. *Arch Dermatol*. 1993; 129 (3): 381-2.
- Raulin C, Emonds T. Entfernung von Schmutztätowierungen durch gütegeschaltete Laser. *Chirurg*. 1998; 69 (11): 1270-4.
- Raulin C, Greve B (Hrsg.). *Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin*. Schattauer, Stuttgart, New York. 2001.
- Raulin C, Hellwig S. Entfernung von Laien- und Schmutztätowierungen durch gütegeschalteten Rubinlaser. *Hautarzt*. 1995; 46 (10): 711-3.

- Raulin C, Kimmig W, Werner S. Lasertherapie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin. Nebenwirkungen, Komplikationen und Behandlungsfehler. *Hautarzt* 2000; 51 (7): 463-73.
- Raulin C, Petzold D, Hellwig S. Lentigo benigna. Entfernung durch den gütegeschalteten Rubinlaser. *Hautarzt* 1996 (a); 47 (1): 44-6.
- Raulin C, Petzold D, Hellwig S. Entfernung von Falten und Aknenarben mit dem ultragepulsten CO<sub>2</sub>-Laser. *Hautarzt* 1996 (b); 47 (6): 443-6.
- Raulin C, Schmidt C, Hellwig S. Cutaneous lupus erythematosus - treatment with pulsed dye laser. *Br J Dermatol*. 1999 (a); 141 (6): 1046-50.
- Raulin C, Schroeter CA, Weiss RA, Keiner M, Werner S. Treatment of port-wine stains with a noncoherent pulsed light source. *Arch Dermatol*. 1999 (b); 135 (6): 679-683.
- Reichert D. Evaluation of the long-pulse dye laser for the treatment of leg telangiectasias. *Dermatol Surg*. 1998; 24 (7): 737-40.
- Renfro L, Geronemus RG. Anatomical differences of port-wine stains in response to treatment with the pulsed dye laser. *Arch Dermatol*. 1993; 129 (2): 182-8.
- Reuter P, Reuter C. Taschenwörterbuch Medizin. Thieme, Stuttgart New York 1998.
- Reyes BA, Geronemus R. Treatment of port-wine stains during childhood with the flashlamp-pumped pulsed dye laser. *J Am Acad Dermatol*. 1990; 23 (6): 1142-8.
- Rick K; Raulin C, Greve B (Hrsg.). Selektive Photothermolyse, in: Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin. Schattauer, Stuttgart, New York 2001; 35-6.
- Rogers CJ, Glaser DA. Treatment of pseudofolliculitis barbae using the q-switched Nd:YAG laser with topical carbon suspension. *Dermatol Surg*. 2000; 26 (8): 737-42.
- Rogers CJ, Glaser DA, Siegfried EC, Walsh PM. Hair removal using topical suspension-assisted q-switched Nd:YAG and long-pulsed Alexandrite lasers: a comparative study. *Dermatol Surg*. 1999; 25 (11): 844-50.
- Rosenbach A, Williams CM, Alster TS. Comparison of the q-switched Alexandrite (755 nm) and q-switched Nd:YAG (1064 nm) lasers in the treatment of benign melanocytic nevi. *Dermatol Surg*. 1997; 23 (4): 239-45.
- Ross BS, Levine VJ, Ashinoff R. Laser treatment of acquired vascular lesions. *Dermatol Clin*. 1997; 15 (3): 385-96.
- Ross BS, Levine VJ, Nehal K, Tse Y, Ashinoff R. Pulsed dye laser treatment of warts: an update. *Dermatol Surg*. 1999; 25 (5): 377-80.
- Ross EV, Naseef G, Lin C, Kelly M, Michaud N, Flotte TJ, Raythen J, Anderson RR. Comparison of responses of tattoos to picosecond and nanosecond q-switched Neodymium:YAG lasers. *Arch Dermatol*. 1998; 134 (2): 167-71.
- Rothman KF, Nutile A, Appel C. The use of dolls as a teaching aid for children undergoing treatment with the flashlamp-pulsed tunable dye laser. *J Am Acad Dermatol*. 1990; 22 (5): 854-5.
- Ruiz-Esparza J, Goldman MP, Fitzpatrick RE, Lowe NJ, Behr KL. Flashlamp-pumped dye laser treatment of telangiectasia. *J Dermatol Surg Oncol*. 1993; 19 (11): 1000-3.
- Sacick NS. Update on non-ablative laser therapy for rejuvenation: a review. *Lasers Surg Med*. 2003; 32 (1): 120-8.
- Schawlow AL, Townes CH. Infra-red and optical masers. *Phys Rev*. 1958; 112: 1940-9.
- Scheepers JH, Quaba AA. Clinical experience in the treatment of the "red nose" using the flashlamp pumped pulsed dye laser (585 nm). *Aesthetic Plast Surg*. 1994; 18 (1): 57-60.
- Scheepers JH, Quaba AA. Does the pulsed tunable dye laser have a role in the management of infantile hemangiomas? Observations based on 3 years experience. *Plast Reconstr Surg*. 1995 (a); 95 (2): 305-12.
- Scheepers JH, Quaba AA. Treatment of nevi aranei with the pulsed tunable dye laser at 585 nm. *J Pediatr Surg*. 1995 (b); 30 (1): 101-4.
- Scherer K, Lorenz S, Wimmershoff M, Landthaler M, Hohenleutner U. Both the flashlamp-pumped dye laser and the long-pulsed tunable dye laser can improve results in port-wine stain therapy. *Br J Dermatol*. 2001 145 (1): 79-84.
- Seukeran DC, Collins P, Sheehan-Dare RA. Adverse reactions following pulsed tunable dye laser treatment of port wine stains in 701 patients. *Br J Dermatol*. 1997; 136 (5): 725-9.
- Sheehan-Dare RA, Cotterill JA. Copper vapour laser (578 nm) and flashlamp-pumped pulsed tunable dye laser (585 nm) treatment of port wine stains: results of a comparative study using test sites. *Br J Dermatol*. 1994 130 (4): 478- 82.
- Sheehan-Dare RA, Cotterill JA. Copper vapour laser treatment of port wine stains: clinical evaluation and comparison with conventional argon laser therapy. *Br J Dermatol*. 1993 (a); 128 (5): 546-9.
- Sheehan-Dare RA, Cotterill JA. Lasers in dermatology. *Br J Dermatol*. 1993 (b); 129 (1): 1-8.
- Sherwood KA. The use of topical anesthesia in removal of port-wine stains in children. *J Pediatr*. 1993; 122 (5): 36-40.
- Sherwood KA, Tan OT. Treatment of a capillary hemangioma with the flashlamp pumped-dye laser. *J Am Acad Dermatol*. 1990; 22 (1): 136-7.
- Silverman RA. Hemangiomas and vascular malformations. *Pediatr Clin North Am*. 1991; 38 (4): 811-34.

- Sommer S, Sheehan-Dare RA. The Koebner phenomenon in vitiligo following treatment of a port-wine stain naevus by pulsed dye laser. *Br J Dermatol*. 1998; 138 (1): 200-1.
- Sommer S, Sheehan-Dare RA. Pulsed dye laser treatment of port-wine stains in pigmented skin. *J Am Acad Dermatol*. 2000; 42 (4): 667-71.
- Spicer MS, Goldberg DJ. Lasers in dermatology. *J Am Acad Dermatol*. 1996; 34 (1): 1-25.
- Stanganelli I, Bucchi L. Epiluminescence microscopy versus clinical evaluation of pigmented skin lesions: effects of operator's training on reproducibility and accuracy. *Dermatology* 1998; 196 (2): 199-203.
- Stern RS, Dover JS, Levin JA, Arndt KA. Laser therapy versus cryotherapy of lentigines: a comparative trial. *J Am Acad Dermatol*. 1994; 30 (6): 985-7.
- Sterry W, Paus R (Hrsg.). Checkliste Dermatologie. Venerologie, Allergologie, Phlebologie, Andrologie (4. Auflage); Thieme 2000.
- Steward DJ. Eutectic mixture of local anesthetics (EMLA): What is it? What does it? *J Pediatr*. 1993; 122 [Suppl.]: 36-40.
- Stratigos AJ, Dover JS, Arndt KA. Laser treatment of pigmented lesions-2000. How far have we gone? *Arch Dermatol*. 2000; 136 (7): 915-21.
- Stratigos AJ, Dover JS, Arndt KA. Lasertherapie in der ästhetischen Dermatologie. *Hautarzt* 2003; 54 (7): 603-13.
- Stempel H, Kohnemann R, Klein G, Matthias E. Über die Wirkung gepulster Farbstofflaserstrahlen auf die Kapillargefäße der Haut. *Z. Hautkr.* 1987; 62 (14): 1076-1085.
- Sutton CJG, Ewen SP, Whitelaw N, Haines P. Prospective, randomized, double-blind, controlled trial of laser laparoscopy in the treatment of pelvic pain associated with minimal, mild and moderate endometriosis. *Fertil Steril* 1994; 62 (4): 696-700.
- Suzuki H. Treatment of traumatic tattoos with the q-switched Neodymium:YAG laser. *Arch Dermatol*. 1996; 132 (10): 1226-9.
- Swinehart JM. Hypertrophic scarring resulting from flashlamp-pumped pulsed dye laser surgery. *J Am Acad Dermatol*. 1991; 26 (5): 845-6.
- Taieb A, Touati L, Cony M, Léauté-Labrèze C, Mortureux P, Renaud P, Boineau D, Maleville J. Treatment of port-wine stains with the 585-nm flashlamp-pulsed tunable dye laser: a study of 74 patients. *Dermatology* 1994; 188 (4): 276-81.
- Tan E, Vinciullo C. Pulsed dye laser treatment of port-wine stains: a review of patients treated in western Australia. *Med J Aust*. 1996; 164 (6): 333-6.
- Tan OT, Carney JM, Margolis R, Seki Y, Boll J, Anderson RR, Parrish JA. Histologic responses of port-wine stains treated by argon, carbon dioxide and tunable dye laser. *Arch Dermatol*. 1986; 122 (9): 1016-22.
- Tan OT, Hurwitz RM, Stafford TJ. Pulsed dye laser treatment of recalcitrant verrucae: a preliminary report. *Laser Surg Med*. 1993; 13 (1): 127-37.
- Tan OT, Morelli JG. Lasers in dermatology. *Curr Probl Dermatol*. 1989; 1 (1): 7-27.
- Tan OT, Morrison P, Kurban AK. 585 nm for the treatment of port-wine stains. *Plast Reconstr Surg*. 1990; 86 (6): 1112-7.
- Tan OT, Murray S, Kurban AK. Action spectrum of vascular specific injury using pulsed irradiation. *J Invest Dermatol*. 1989 (a); 92 (6): 868-71.
- Tan OT, Sherwood K, Gilchrist BA. Treatment of children with port-wine stains using the flashlamp-pulsed tunable dye laser. *N Engl J Med*. 1989 (b); 320 (7): 416-21.
- Tan OT, Stafford TJ. EMLA for laser treatment of port-wine stains in children. *Lasers Surg Med*. 1992; 12 (5): 543-8.
- Tappero JW, Grekin RC, Zanelli GA, Berger TG. Pulsed-dye laser therapy for cutaneous Kaposi's sarcoma associated with acquired immunodeficiency syndrome. *J Am Acad Dermatol*. 1992; 27 (4): 526-30.
- Tay YK, Weston WL, Morelli JG. Treatment of pyogenic granuloma in children with the flashlamp-pumped pulsed dye laser. *Pediatrics* 1997; 99 (3): 368-70.
- Thibault PK. A patient's questionnaire evaluation of Krypton laser treatment of facial telangiectases. A comparison with Copper vapor laser. *Dermatol Surg*. 1997; 23 (1): 37-41.
- Tilgen W, Raulin C. Laser in der Dermatologie. Faszination, Fortschritte und Fallstricke einer bahnbrechenden Technologie. *Hautarzt* 2003; 54 (7): 573-4.
- Todd MM, Rallis TM, Gerwels JW, Hata TR. A comparison of 3 laser and liquid nitrogen in the treatment of solar lentigines. A randomized, controlled, comparative trial. *Arch Dermatol*. 2000; 136 (7): 841-6.
- Tong AKF, Tan OT, Boll J, Parrish JA, Murphy GF. Ultrastructure: effects of melanin pigment on target specificity using a pulsed dye laser (577 nm). *J Invest Dermatol*. 1987; 88 (6): 747-52.
- Trauner MA, Narurkar VA, Ruben BS. Eccrine syringofibroadenoma treated with dual pulse width flashlamp pumped pulsed dye laser. *Dermatol Surg*. 1999; 25 (5): 418-20.
- Troilius AM. Effective treatment of traumatic tattoos with the q-switched Nd:YAG laser. *Lasers Surg Med*. 1998; 22 (2): 103-8.
- Troilius AM, Ljunggren B. Evaluation of port wine stains by laser doppler perfusion imaging and reflectance photometry before and after pulsed dye laser treatment. *Acta Derm Venerol*. 1996; 76 (4): 291-4.

- Troilius AM, Ljunggren B. Reflectance spectrophotometry in the objective assessment of dye laser-treated port-wine stains. *Br J Dermatol*. 1995; 132 (2): 245-50.
- Troilius AM, Svendsen G, Ljunggren B. Ultrasound investigation of port wine stains. *Acta Derm Venerol*. 2000; 80 (3): 196-9.
- Troilius AM, Wardell K, Bornmyr S, Nilsson GE, Ljunggren B. Evaluation of port wine stain perfusion by laser Doppler imaging and thermography before and after argon laser treatment. *Acta Derm Venerol*. 1992; 72 (1): 6-10.
- Troilius AM, Wrangsjö B, Ljunggren B. Potential psychological benefits from early treatment of port-wine stains in children. *Br J Dermatol*. 1998; 139 (1): 59-65.
- Tse Y, Levine VJ, McClain SA, Ashinoff R. The removal of cutaneous pigmented lesions with the q-switched ruby laser and the q-switched neodymium:yttrium-aluminium-garnet laser. a comparative study. *J Dermatol Surg Oncol*. 1994; 20 (12): 795-800.
- Van der Horst CMAM, Koster PHL, De Borgie CAJM, Bossuyt PMM, Van Gemert MJC. Effect of the timing of treatment of port-wine stains with the flash-lamp-pumped pulsed-dye laser. *N Engl J Med*. 1998; 338 (15): 1028-33.
- Van Leeuwen RL, Dekker SK, Byers HR, Vermeer BJ, Grevelink JM. Modulation of alpha 4 beta 1 and alpha 5 beta 1 integrin expression: heterogenous effects of q-switched ruby, Nd:YAG and alexandrite lasers on melanoma cells in vitro. *Lasers Surg Med*. 1996; 12 (4): 225-9.
- Viator JA, Au G, Paltauf G, Jacques SL, Pahl SA, Ren H, Chen Z, Nelson JS. Clinical testing of a photoacoustic Probe for port wine stain depth determination. *Lasers Surg Med*. 2002; 30 (2): 141-8.
- Viator JA, Choi B, Ambrose M, Spanier J, Nelson JS. In vivo port-wine stain depth determination with a photoacoustic probe. *Appl Opt*. 2003; 42(16): 3215-24.
- Wagner RF, Brown T, McCarthy EM, McCarthy RA, Uchida T. Dermatologist and electrologist perspectives on laser procedures by nonphysicians. *Dermatol Surg*. 2000; 26 (8): 723-7.
- Waldmann I, Vakilzadeh F. Allergische Spättypreaktion auf roten Azofarbstoff in Tätowierungen. *Hautarzt* 1997; 48 (9): 666-70.
- Waldorf HA, Alster TS, McMillan K, Kauvar AN, Geronemus RG, Nelson JS. Effect of dynamic cooling on 585-nm pulsed dye laser treatment of port-wine stain birthmarks. *Dermatol Surg*. 1997; 23 (8): 657-62.
- Waldorf HA, Kauvar ANB, Geronemus RG, Leffell DJ. Remote fire with the pulsed dye laser: risk and Prevention. *J Am Acad Dermatol*. 1996; 34 (3): 503-6.
- Walker EP, Butler PH, Pickering JW, Day WA, Fraser R, Van Halewyn CN. Histology of port wine stains after copper vapour laser treatment. *Br J Dermatol*. 1989; 121 (2): 217-23.
- Wananukul S. Clinical manifestation and management of hemangiomas of infancy. *J Med Assoc Thai*. 2002; 85 [Suppl.]: 280-5.
- Wananukul S, Chatproedprai S. Ulcerated hemangiomas: clinical features and management. *J Med Assoc Thai*. 2002; 85(11): 1220-5.
- Watts MT, Downes RN, Collin JR, Walker NP. The use of q-switched Nd:YAG laser for removal of permanent eyeliner tattoo. *Ophtal Plast Reconstr Surg*. 1992; 8 (4): 292-4.
- Weiss RA, Weiss MA. Intense pulsed light: newer perspective. *Dermatol Surg*. 1997; 23 (12): 1221.
- Weiss RA, Weiss MA. Early clinical results with a multiple synchronized pulse 1064 nm laser for leg telangiectasias and reticular veins. *Dermatol Surg*. 1999; 25 (5): 399-402.
- Wengle HP, Clodius L. Psychosoziale Probleme und deren Bewältigungsstrategien bei Patienten mit Feuermal im Gesicht. *Schweiz Med Wochenschr*. 1983; 113 (8): 290-4.
- Werner S, Drosner M, Raulin C. Entfernung von Tätowierungen mit dem gütegeschalteten Rubinlaser (694 nm) und dem gütegeschalteten Nd:YAG-Laser (532 und 1064 nm). *Hautarzt* 1999; 50 (3): 174-80.
- Werner S, Raulin C. Aktueller Stand der Lasertherapie bei Säuglingshämmangiomen. Kasuistiken und Literaturrecherche. *Hautarzt* 1999; 50 (12): 841-7.
- West TB, Alster TS. Comparison of the long-pulse dye (590-595 nm) and KTP (532 nm) lasers in the treatment of facial and leg telangiectasias. *Dermatol Surg*. 1998; 24 (2): 221-6.
- White JM, Siegfried E, Boulden M, Padda G. Possible hazards of cryogen use with pulsed dye laser. A case report and summary. *Dermatol Surg*. 1999; 25 (3): 250-3.
- Wiek K, Vanscheidt W, Ishkhanian S, Weyl A, Schöpf E. Selektive Photothermolyse von Besenreiservarizen und Teleangiektasien der unteren Extremität. *Hautarzt* 1996; 47 (4): 258-263.
- Wiek K, Vanscheidt W, Zoppelt M, Schöpf E. Die Behandlung von Naevi flammei im Erwachsenenalter mit einem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser. *Hautarzt* 1995; 46 (8): 537-542.
- Wimmershoff MB, Landthaler M, Hohenleutner U. Percutaneous and combined percutaneous and intralesional Nd:YAG-laser therapy for vascular malformations. *Acta Derm Venerol*. 1999; 79 (1): 71-3.
- Wimmershoff MB, Scherer K, Bäuml W, Hohenleutner U, Landthaler M. Behandlung von therapieresistenten Verrucae vulgares mit dem lang-gepulsten Farbstofflaser. *Hautarzt* 2001 (a); 52 (8): 701-4.
- Wimmershoff MB, Wenig M, Hohenleutner U, Landthaler M. Die Behandlung von Feuermalen mit dem blitzlampengepumpten gepulsten Farbstofflaser. *Hautarzt* 2001 (b); 52 (11): 1011-5.



- Wittenberg GP, Fabian BG, Bogomilky JL, Schultz LR, Rudner EJ, Chaffins ML, Saed GM, Burns RL, Fivenson, DP. Prospective, single-blind, randomized, controlled study to assess the efficacy of the 585-nm flashlamp-pumped pulsed-dye laser and silicone gel sheeting in hypertrophic scar treatment. *Arch Dermatol.* 1999; 135 (9): 1049-55.
- Wlotzke U, Donhauser S, Hohenleutner U, Bäuml W, Landthaler M. Zur Lasertherapie von Teleangiektasien des Gesichtes - Argonlaser vs. Blitzlampen-gepumpter gepulster Farbstofflaser. *Z. Hautkr.* 1995; 70 (7): 514-7.
- Wlotzke U, Hohenleutner U, Abd-El-Raheem TA, Bäuml W, Landthaler M. Side-effects and complications of flashlamp-pumped pulsed dye laser therapy of port-wine stains. A prospective study. *Br J Dermatol.* 1996; 134 (3): 475-80.
- Woo WK, Handley JM. Does fluence matter in the laser treatment of port-wine stains? *Clin Exp Dermatol.* 2003; 149 (1): 556-7.
- Zelickson BD, Mehregan DA, Zarrin AA, Coles C, Hartwig P, Olson S, Leaf-Davis J. Clinical, histological and ultrastructural evaluation of tattoos treated with three laser systems. *Laser Surg Med.* 1994; 15 (4): 364-72.

## **VIII. Tabellen und Abbildungen**

|   | Seite |
|---|-------|
| Tabelle 1: Indikationen für den blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser  | 4     |
| Tabelle 2: Indikationen für den gütegeschalteten Nd:YAG-Laser   | 5     |
| Tabelle 3: Erfolgreicher Abschluss der drei häufigsten mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser behandelten Diagnosen | 10    |
| Tabelle 4: Erfolgreicher Abschluss nach Behandlung mit dem blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser                           | 10    |
| Tabelle 5: Legende der Abbildungen 14 und 15 sowie der Anteil erfolgreich abgeschlossener Behandlungen von Nävi flammei             | 16    |
| Tabelle 6: Legende der Abbildungen 19 und 20, sowie der Anteil erfolgreich abgeschlossener Behandlungen von Hämangiomen             | 20    |
| Tabelle 7: Erfolgreicher Abschluss nach Behandlung mit dem gütegeschalteten Neodym:YAG-Laser  | 25    |
| Tabelle 8: Patienten, die mit dem q-sw Nd:YAG-Laser 15 mal oder öfter behandelt wurden  | 28    |
| Tabelle 9: Legende der Abbildungen 37 und 38 sowie der Anteil erfolgreich abgeschlossener Behandlungen von Tätowierungen            | 33    |
| Tabelle 10: Indikationen für den FPD L in der Literatur und in unserem Patientengut   | 43    |
| Tabelle 11: Legende zu Tabelle 10   | 44    |
| Tabelle 12: Literatur über die Behandlung von Nävi flammei mit dem FPD L im Vergleich zu den eigenen Ergebnissen                    | 46    |
| Tabelle 13: Literatur über die Behandlung von Hämangiomen mit dem FPD L im Vergleich zu den eigenen Ergebnissen                     | 50    |
| Tabelle 14: Literatur über den FPD L im Vergleich zu den eigenen Ergebnissen  | 55    |
| Tabelle 15: Indikationen für den q-sw Nd:YAG in der Literatur und in unserem Patientengut   | 62    |
| Tabelle 16: Legende zu Tabelle 15   | 62    |
| Tabelle 17: Ansprechen von Tätowierungsfarben auf gütegeschaltete Lasersysteme  | 65    |
|   |       |
| Abbildung 1: Anzahl Patienten (gesamt) in Prozent   | 2     |
| Abbildung 2: Altersstrukturen der Patienten (gesamt) in Prozent   | 3     |
| Abbildung 3: Anzahl Patienten bzw. Sitzungen bei Behandlung und Fotodokumentation   | 7     |
| Abbildung 4: Altersverteilung nach Geburtsjahr bei Patienten, die mit dem FPD L behandelt wurden                                    | 8     |
| Abbildung 5: Diagnosen bei Behandlung mit dem FPD L   | 8     |
| Abbildung 6: Erfolgreicher Behandlungsabschluss bei Verwendung des FPD L  | 9     |
| Abbildung 7: Dosis bei allen Behandlungen unter Verwendung des FPD L (in Prozent)   | 11    |
| Abbildung 8: Dosis bei erfolgreicher Behandlung mit dem FPD L (in Prozent)  | 11    |
| Abbildung 9: Anzahl der Behandlungen aller Patienten (in Prozent) bei Verwendung des FPD L  | 12    |
| Abbildung 10: Anzahl der Behandlungen bei erfolgreichem Abschluss unter Verwendung des FPD L (in Prozent)                           | 12    |
| Abbildung 11: Behandlungsintervalle bei Verwendung des FPD L  | 13    |
| Abbildung 12: Auftreten von Nebenwirkungen (in Prozent) bei Behandlungen mit dem FPD L  | 13    |
| Abbildung 13: Lokalisation erfolgreich behandelter Nävi flammei (in Prozent)  | 15    |
| Abbildung 14: Lokalisationen von Nävi flammei im Kopf-/Gesichtsbereich (Legende siehe Tabelle 5)                                    | 15    |
| Abbildung 15: Lokalisationen von Nävi flammei in der Front- und Rückansicht (Legende siehe Tabelle 5)                               | 16    |
| Abbildung 16: Verwendete Dosen bei Behandlungen von Nävus flammeus-Patienten mit dem FPD L (in Prozent)                             | 17    |
| Abbildung 17: Anzahl der Behandlungen bei erfolgreich abgeschlossener Nävi flammei-Behandlung (in Prozent)                          | 18    |
| Abbildung 18: Behandlungsintervalle bei Behandlungen von Nävi flammei unter Verwendung des FPD L                                    | 18    |
| Abbildung 19: Lokalisation erfolgreich behandelter Hämangiome im Kopf-/Gesichtsbereich (Legende siehe Tabelle 6)                    | 19    |
| Abbildung 20: Lokalisation erfolgreich behandelter Hämangiome in der Front- und Rückansicht (Legende siehe Tabelle 6)               | 19    |
| Abbildung 21: Lokalisation Hämangiome (erfolgreicher Abschluss) in Prozent  | 21    |
| Abbildung 22: Dosis bei Behandlungen von Hämangiom-Patienten mit dem FPD L (in Prozent)   | 21    |

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 23: Anzahl der Behandlungen bei erfolgreich abgeschlossenen Hämangiom-Behandlungen mit dem FPDL (in Prozent)              | 22 |
| Abbildung 24: Behandlungsintervalle bei Behandlungen von Hämangiom-Patienten mit dem FPDL   | 22 |
| Abbildung 25: Altersverteilung nach Geburtsjahr bei Patienten, die mit dem q-sw Nd:YAG behandelt wurden                             | 23 |
| Abbildung 26: Diagnosen bei Behandlung mit dem q-sw Nd:YAG  | 23 |
| Abbildung 27: Behandlungsstatus für q-sw Nd:YAG-behandelte Patienten (in Prozent)   | 24 |
| Abbildung 28: Verwendete Dosen bei allen Behandlungen mit dem q-sw Nd:YAG   | 26 |
| Abbildung 29: Verwendete Dosen bei erfolgreichen Behandlungen mit dem q-sw Nd:YAG   | 26 |
| Abbildung 30: Anzahl der Behandlungen aller Patienten (in Prozent) bei Verwendung des q-sw Nd:YAG                                   | 27 |
| Abbildung 31: Anzahl der Behandlungen (in Prozent) bei erfolgreichem Abschluss mit dem q-sw Nd:YAG                                  | 27 |
| Abbildung 32: Behandlungsintervalle bei Verwendung des q-sw Nd:YAG  | 29 |
| Abbildung 33: Auftreten von Nebenwirkungen (in Prozent) bei Behandlung mit dem q-sw Nd:YAG  | 29 |
| Abbildung 34: Anteil verschiedener Tätowierungen (gesamt) in Prozent  | 31 |
| Abbildung 35: Lokalisation erfolgreich behandelter Tätowierungen im Kopf-/Gesichtsbereich (Legende siehe Tabelle 9)                 | 32 |
| Abbildung 36: Lokalisation erfolgreich behandelter Tätowierungen in der Front- und Rückansicht (Legende siehe Tabelle 9)            | 32 |
| Abbildung 37: Verwendete Dosen bei Behandlungen von Schmucktätowierungen mit dem q-sw Nd:YAG (in Prozent)                           | 34 |
| Abbildung 38: Verwendete Dosen bei Behandlungen von Schmutztätowierungen mit dem q-sw Nd:YAG (in Prozent)                           | 34 |
| Abbildung 39: Anzahl der Behandlungen bei erfolgreich abgeschlossener Behandlung von Tätowierungen mit dem q-sw Nd:YAG (in Prozent) | 35 |
| Abbildung 40: Behandlungsintervalle bei Patienten mit Schmucktätowierungen unter Verwendung des q-sw Nd:YAG                         | 36 |
| Abbildung 41: Behandlungsintervalle bei Patienten mit Schmutztätowierungen unter Verwendung des q-sw Nd:YAG                         | 36 |
| Abbildung 42: a) Nävus flammeus vor der Behandlung mit dem FPDL   | 47 |
| b) Nävus flammeus nach Probebehandlung  | 47 |
| c) Nävus flammeus (Kontrollaufnahme) nach Behandlungsabschluss  | 47 |
| Abbildung 43: a) Säuglingshämangiom vor der Behandlung mit dem FPDL   | 51 |
| b) Säuglingshämangiom nach Behandlung mit dem FPDL  | 51 |
| Abbildung 44: a) Schmucktätowierung am Unterarm vor der Behandlung mit dem q-sw Nd:YAG  | 64 |
| b) Schmucktätowierung nach 7 Behandlungen mit dem q-sw Nd:YAG-Laser   | 64 |
| c) Schmucktätowierung nach Abschluss der Behandlung   | 64 |
| Abbildung 45: a) Schmucktätowierung vor der Behandlung mit dem q-sw Nd:YAG  | 73 |
| b) Schmucktätowierung unmittelbar nach der Behandlung mit dem q-sw Nd:YAG-Laser   | 73 |

## Lebenslauf

Name: Kreis  
Vornamen: Harald Michael  
Geburtstag: 03. Juni 1970  
Geburtsort: Hanau am Main  
Eltern: Rudolf Kreis, Anzeigenleiter im Ruhestand  
Gerda Kreis, geb. Kirchner, tech. Hauptsekretärin  
Geschwister: Marion Kreis  
Konfession: römisch katholisch

### Schulbildung:

1976 bis 1980 Grundschule in Freigericht-Somborn  
1980 bis 1989 Gesamtschule Freigericht, Gymnasialer Zweig  
in Freigericht-Somborn  
1989 Abitur

### Wehrdienst:

01.06.1989 bis 01.10.1989 Soldat im Grundwehrdienst  
01.08.1996 bis 31.01.1997 Sanitätssoldat in der GFZ-Kaserne in Mainz

### Studium:

Studium der Zahnmedizin an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main  
23.02.1998 bis 09.07.1998 Staatsexamen  
09.07.1998 Approbation als Zahnarzt  
24.08.1998 bis 31.01.1999 Vorbereitungsassistent bei Dr. Schmitt-Bylandt  
in Gelnhausen  
01.02.1999 bis 23.08.2000 Vorbereitungsassistent in der Praxis  
Dr. Meiser und A. Dübler in Hanau-Steinheim  
01.01.2001 bis 31.12.2002 selbständig tätig als Zahnarzt in der Gemeinschaftspraxis  
Dr. Pletka und H. Kreis in Freigericht-Somborn  
Zurzeit selbständig tätig in der Gemeinschaftspraxis Dr. Meiser,  
A. Dübler & H. Kreis in Hanau-Steinheim

## **Schriftliche Erklärung**

Ich erkläre, dass ich die dem Fachbereich Medizin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur  
Promotionsprüfung eingereichte Dissertation mit dem Titel

**„Der blitzlampen-gepumpte gepulste Farbstofflaser und der gütegeschaltete  
Neodym:YAG-Laser in der dermatologischen Praxis: Indikationen,  
Behandlungsergebnisse und unerwünschte Wirkungen.“**

im Zentrum der Dermatologie und Venerologie

unter Betreuung und Anleitung von Prof. Dr. med. Falk R. Ochsendorf

ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine  
anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um  
Zulassung zur Promotion eingereicht.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher nicht als Dissertation eingereicht.

Frankfurt am Main, 2. Dezember 2003

Harald Michael Kreis